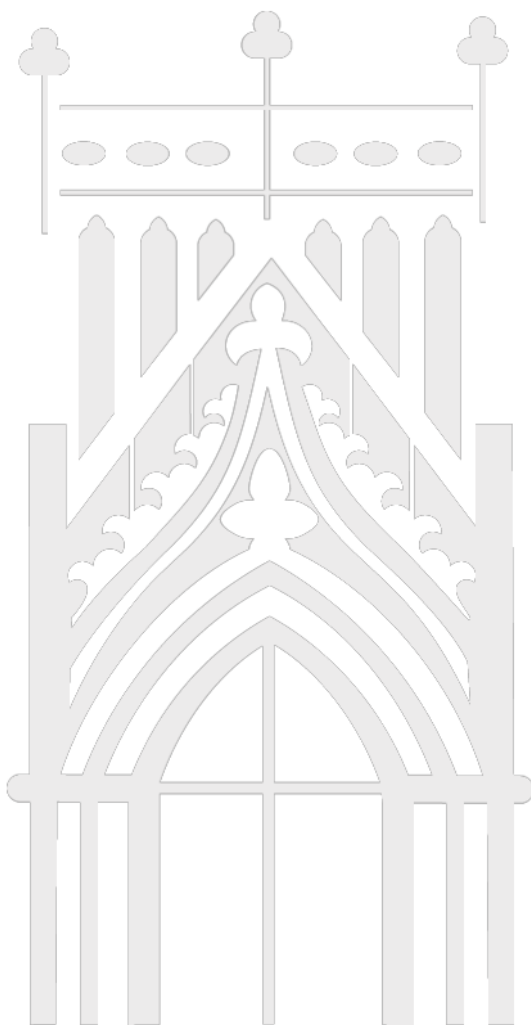


## Mestrado em Construções Cívicas

Recuperação estrutural de edificações no centro  
histórico de São Luís do Maranhão/Brasil

Marcos Fernandes Marques

fevereiro | 2019



Escola Superior  
de Tecnologia e Gestão



**Instituto Politécnico da Guarda**  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**

## **PROJETO APLICADO**

**Recuperação estrutural de edificações no centro histórico de São Luís do  
Maranhão/Brasil**

**Marcos Fernandes Marques**

**Recuperação estrutural de edificações no centro histórico de São Luís do  
Maranhão/Brasil**

Projeto aplicado para obtenção do Grau de Mestre em Construções Cíveis

Presidente do Júri

**Prof. Doutor Fernando Antônio Carvalho Marcos**

Professor arguente

**Prof. Doutor José Manuel Mayor Gonzales**

Professor orientador

**Prof. Doutor José Carlos Almeida**

Professor coorientador

**Prof. Doutor Érico Peixoto Araújo**



Guarda, fevereiro de 2019

À minha esposa Marcia e a meus pais Ruy e Conceição

---

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por tudo.

À minha mulher Marcia pelo apoio, perseverança, orientação, persistência e paciência.

Aos meus pais Ruy e Conceição por me darem condições para chegar até aqui.

Aos colegas de mestrado Alberto, Luís Fernando pelas horas passadas juntos durante todo mestrado.

Ao Prof. José Carlos Costa Almeida pela excelente orientação.

Ao Prof. Erico Araújo pelas horas dispensadas na coorientação e apoio.

Ao Prof. João Barreiros pelo apoio durante o Curso.

Ao Prof. José Gonzalez pela calma que transmite e apoio.

A todos os que me ajudaram e contribuíram para a execução deste projeto.

A todos o meu muito obrigado.

## **RESUMO**

Este projeto aplicado investiga a possibilidade de utilização de estruturas em aço no processo de recuperação estrutural em edifícios históricos no centro histórico de São Luís do Maranhão. São Luís do Maranhão, trata-se de uma cidade Patrimônio Cultural da Humanidade, reconhecida pela UNESCO em 1997. Com o passar dos tempos o casario desta área vem sofrendo modificações para se adequar aos usos da contemporaneidade. Nesse sentido, este estudo objetiva apresentar as estruturas de aço como possível material para recuperação estrutural de edifícios históricos. O objecto de estudo foi o prédio n.º 93, da Rua do Giz, no Centro de São Luís do Maranhão/Brasil, no coração do Centro Histórico. Foi realizado o estudo de recuperação estrutural utilizando a madeira, material tradicionalmente utilizado nessas construções, bem como o estudo com a recuperação estrutural utilizando o aço. Com este trabalho pretende-se que os estudos possam contribuir para as futuras intervenções em edifícios de interesse histórico, utilizando as estruturas em aço, minimizando o uso exacerbado da madeira na reabilitação/conservação dessas construções.

Palavras-chave: Patrimônio Cultural, Edifício Histórico, Recuperação Estrutural, Intervenções, Interface Estrutural.

## **ABSTRACT**

This applied project investigates the possibility of using steel structures in the process of structural recovery in historic buildings in the historic centre of São Luís do Maranhão. São Luís do Maranhão, it is a Cultural heritage of Mankind, recognized by UNESCO in 1997. With the passage of time the houses of this area has suffered modifications to suit the contemporary usages. Accordingly, this study aims to introduce the steel structures as possible material for structural recovery of historic buildings. The object of study was the building nº 93, chalk Street, in the Centre of São Luís do Maranhão/Brazil, in the heart of the historic centre. The study of structural recovery using wood, material traditionally used in these buildings, as well as the study of the structural recovery using steel. With this work it is intended that the studies can contribute to the future interventions in buildings of historic interest, using the steel structures, minimizing the excessive use of wood in the rehabilitation/maintenance of these buildings.

**Keywords:** Cultural Heritage, Historic Building, Structural Recovery, Interventions, Structural Interface.

## ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA .....	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE GERAL .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE QUADROS.....	xi
1 INTRODUÇÃO .....	2
1.1 Objetivos.....	3
2 POLÍTICA PARA INTERVENÇÃO EM ÁREAS DE INTERESSE HISTÓRICO COM FOCO NA RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL.....	6
2.1 Conceituação das áreas de interesse histórico .....	6
2.2 Cartas patrimoniais .....	8
2.2.1 Carta de Atenas – 1931 – Exposição dos princípios gerais e das doutrinas concernentes “a proteção dos monumentos”.....	8
2.2.2 Carta de Veneza – 1964 – Carta Internacional sobre conservação e restauração de monumentos e sítios.....	9
2.2.3 Carta de Machu Picchu – 1972 .....	10
2.3 Legislação .....	10
2.3.1 Legislação Federal .....	10
2.3.1.1 Sistema Nacional de Patrimônio Cultural (SNPC).....	10
2.3.1.2 Portaria n.º 420, de 22 de dezembro de 2010 .....	11
2.3.2 Legislação Estadual .....	11
2.3.3 Legislação Municipal.....	12
3 PATOLOGIAS EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS .....	14
3.1 Conceito.....	14
3.2 Tipos e características.....	15
4 RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL UTILIZANDO O AÇO .....	20
4.1 Considerações iniciais.....	20
4.2 Tipos e características.....	20
4.3 Técnicas construtivas.....	25
5 RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL NO CASARÃO DA RUA DO GIZ, N.º 93 NO CENTRO HISTÓRICO DE SÃO LUÍS DO MARANHÃO/BRASIL.....	38
5.1 Recorte.....	39
5.1.1 Objeto.....	40



5.2	Análise tipológica e do sistema construtivo do Sobrado .....	46
5.3	Projeto de intervenção .....	48
5.3.1	Setorização.....	48
5.3.2	Principais danos na estrutura da edificação .....	51
5.4	Recuperação estrutural.....	59
5.4.1	Recuperação estrutural utilizando a madeira .....	59
5.4.1.1	Regulamentação .....	60
5.4.1.2	Ações.....	61
5.4.1.3	Opções de ações .....	62
5.4.1.4	Reologia da madeira.....	63
5.4.1.5	Materiais da estrutura.....	64
5.4.1.6	Comprovação da resistência nas barras.....	66
5.4.1.7	Orçamento da estrutura em madeira.....	66
5.4.2	Recuperação estrutural utilizando aço .....	69
5.4.2.1	Regulamentação .....	69
5.4.2.2	Ações.....	70
5.4.3	Materiais .....	72
5.4.4	Comprovação da resistência nas barras .....	74
5.4.5	Orçamento da estrutura de aço.....	74
6	CONCLUSÃO .....	80
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
	ANEXO 1 – Planta baixa de localização das vigas em recuperação estrutural utilizando madeira.....	87
	ANEXO 2 – Comprovação da resistência das vigas em recuperação estrutural utilizando madeira ....	88
	ANEXO 3 – Planta baixa de localização das vigas em recuperação estrutural utilizando aço .....	95
	ANEXO 4 - Comprovação da resistência das vigas em recuperação estrutural utilizando aço .....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Centro histórico de São Luís/MA – Esferas de Tombamento .....	2
Figura 2 – Recuperação de edifício na cidade Lisboa. Escoramento da fachada .....	21
Figura 3 – Planta baixa – 2º Pavimento .....	22
Figura 4 – Corte BB'.....	22
Figura 5 – Corte CC'.....	23
Figura 6 – Detalhe do reforço dos painéis WALL.....	23
Figura 7 – <i>Shopping</i> da Gávea no Rio de Janeiro.....	24
Figura 8 – Aumento de área do Tribunal Regional do Trabalho no Rio de Janeiro .....	24
Figura 9 – Aumento de área do Tribunal Regional do Trabalho no Rio de Janeiro .....	25
Figura 10 – Escavação de baldrame (fundação corrida) para reforço.....	26
Figura 11 – Taipal e pilão.....	27
Figura 12 – Execução da taipa de pilão .....	27
Figura 13 – Taipa de pilão reforçada com madeira, utilizada nas cadeias, vista em planta.....	27
Figura 14 – Reforço de estrutura em alvenaria em forma de arco.....	28
Figura 15 – Telhado da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Janirú, São Paulo, reforçado com estrutura de aço .....	28
Figura 16 – Detalhe de pisos e paredes de enxovias.....	29
Figura 17 – Estrutura de caibro armado. Fazenda Viegas .....	29
Figura 18 – Detalhe do frechal .....	30
Figura 19 – Elementos do beiral de caibro armado .....	30
Figura 20 – Reforço de laje de concreto .....	31
Figura 21 – Reforço de pisos de madeiras Gávea <i>Golf Club</i> – RJ.....	31
Figura 22 – Reforço de lajes cogumelo .....	32
Figura 23 – Elevador Coliseu de Roma.....	32
Figura 24 – Passarela em Roma na Itália.....	33
Figura 25 – Passarela em Roma na Itália .....	33
Figura 26 – Conversão de fábrica em Ginásio em Canto na Itália .....	34
Figura 27 – Forro da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Jarinú São Paulo.....	34
Figura 28 – Detalhe do madeiramento do telhado da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Jarinú São Paulo .....	35
Figura 29 – Detalhe do forro e do madeiramento do telhado da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Jarinú São Paulo.....	35
Figura 30 – Estrutura do telhado da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Janirú São Paulo. A estrutura de madeira foi substituída por estrutura de aço.....	36
Figura 31 – Palacete da Rua Formosa, São Luís do Maranhão .....	38
Figura 32 – Rua Nossa Senhora de Nazaré, São Luís do Maranhão .....	39
Figura 33 – Planta de localização do edifício.....	40
Figura 34 – Vista das fachadas do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho.....	42
Figura 35 – Fachada do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho .....	42

Figura 36 – Planta baixa do pavimento térreo do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho.....	43
Figura 37 – Vista parcial do Sobrado n.º 93 da Rua 14 de Julho.....	43
Figura 38 – Vista das fachadas do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho.....	44
Figura 39 – Vista da fachada do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho.....	45
Figura 40 – Vista da fachada do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho, portão de entrada para a escada que leva ao pavimento superior.....	45
Figura 41 – Planta baixa do pavimento térreo – 2015.....	46
Figura 42 – Planta baixa do pavimento superior – 2015.....	47
Figura 43 – Planta baixa da cobertura – 2015.....	47
Figura 44 – Setorização do Pavimento Térreo.....	49
Figura 45 – Setorização do 1º Pavimento.....	49
Figura 46 – Fachadas do edifício n.º 93 da Rua do Giz – condições antes da intervenção.....	50
Figura 47 – Fachada Lateral Direita – Perspectiva.....	50
Figura 48 – Fachada da Rua 14 de Julho – Perspectiva.....	51
Figura 49 – Planta Baixa Térreo – Danos nas vigas e barroteis.....	52
Figura 50 – Danos nas fachadas.....	52
Figura 51 – Detalhe genérico para recuperação dos danos das fachadas.....	53
Figura 52 – Detalhe genérico dos cortes no concreto para expor a armadura com corrosão.....	56
Figura 53 – Vista lateral da escada externa.....	57
Figura 54 – Vista da escada externa – lateral e fundo da laje.....	57
Figura 55 – Fundo da laje da escada externa – dano grave no reboco.....	57
Figura 56 – Fundo da laje da escada externa – ferragem exposta.....	57
Figura 57 – Malha estrutural do piso tabuado do pavimento superior.....	60
Figura 58 – Fatores de ação e combinação.....	62
Figura 59 – Fatores de resistência para reologia da madeira.....	63
Figura 60 – Fatores de deformação para reologia da madeira.....	63
Figura 61 – Perspectiva da distribuição da malha metálica para sustentação do piso tabuado.....	69
Figura 62 – Momentos fletores.....	73
Figura 63 – Tensões no Aço.....	73

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Agentes de deterioração dos edifícios .....	16
Quadro 2 – Ficha cronológica do objeto de estudo .....	44
Quadro 3 – Fases do processo de reparação dos danos nas fachadas .....	53
Quadro 4 – Fases do processo de reparação das vigas .....	55
Quadro 5 – Etapas do processo de reparação da escada .....	58
Quadro 6 – Normas utilizadas para o cálculo .....	60
Quadro 7 – Parâmetros do cálculo .....	60
Quadro 8 – Tipos de cargas .....	61
Quadro 9 – Coeficientes de majoração .....	61
Quadro 10 – Resistência da Madeira .....	64
Quadro 11 – Porcentagem das cargas atuantes .....	65
Quadro 12 – Índices de Esbeltez .....	65
Quadro 13 – Orçamento em madeira .....	67
Quadro 14 – Composições analíticas do custo da madeira por metro linear – vigas 15 x 30 cm .....	68
Quadro 15 – Composições analíticas do custo da madeira por metro linear – vigas 15 x 20 cm .....	68
Quadro 16 – Normas utilizadas .....	69
Quadro 17 – Parâmetros do cálculo .....	70
Quadro 18 – Tipos de cargas .....	70
Quadro 19 – Coeficientes de majoração .....	71
Quadro 20 – Ações e coeficientes para o cálculo .....	71
Quadro 21 – Orçamento em aço .....	74
Quadro 22 – Composições analíticas do custo do aço estrutural perfil “I” laminado Açominas 101,6 .....	75
Quadro 23 – Composições analíticas do custo do aço estrutural perfil “I” laminado Açominas 152,4 .....	77
Quadro 24 – Orçamento da recuperação estrutural .....	81
Quadro 25 – Custo de construção da estrutura por m <sup>2</sup> .....	81

## SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
B.D.I.	Bonificação e Despesas Indiretas
DGOTDU	Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano
DPHAP/MA	Departamento do Patrimônio Histórico Artístico e Paisagístico do Maranhão
FUMPH	Fundação Municipal de Patrimônio Histórico
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IPTU	Imposto Predial Territorial Urbano
LS	Leis Sociais
LSF	Light Steel Frame
MA	Maranhão
MAT	Material
M.O.	Mão de Obra
NBR	Norma Brasileira
PNC	Plano Nacional de Cultura
PPRCH	Plano de Preservação e Revitalização do Centro Histórico de São Luís do Maranhão
QUANT.	Quantidade
SEMURH	Secretaria Municipal de Urbanismo e Habitação
SEPLAN	Secretaria de Estado de Planejamento
SNPC	Sistema Nacional de Patrimônio Cultural
UNID	Unidade de medida
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

## 1 INTRODUÇÃO

O centro histórico de São Luís do Maranhão é formado pela confluência dos rios Bacanga e Anil com mais de 200 hectares, sendo o início do assentamento na primeira parte do Século XVII e expansões realizadas nos séculos posteriores até o século XX.

Ocorreram vários tombamentos até a sua elevação a “Patrimônio Cultural da Humanidade” em 1997. As preocupações com a conservação iniciam de forma pontual com a Capela de São José e o Portão Armoriado da Quinta das Laranjeiras em 1940. Conta-se primeiramente com os tombamentos da Fonte do Ribeirão em 1950, do Retábulo do Altar Mor da Catedral da Sé em 1954. Nos anos seguintes a preocupação com o patrimônio histórico se estende ao urbano. Em 1955 se dá o tombamento do conjunto arquitetônico e urbanístico do largo do Desterro e da praça Benedito Leite. Até que em 1997, São Luís é reconhecido pela UNESCO como Cidade Patrimônio Mundial da Humanidade. Na Figura 1 podem-se observar as Esferas de Tombamento do Centro Histórico de São Luís/MA.

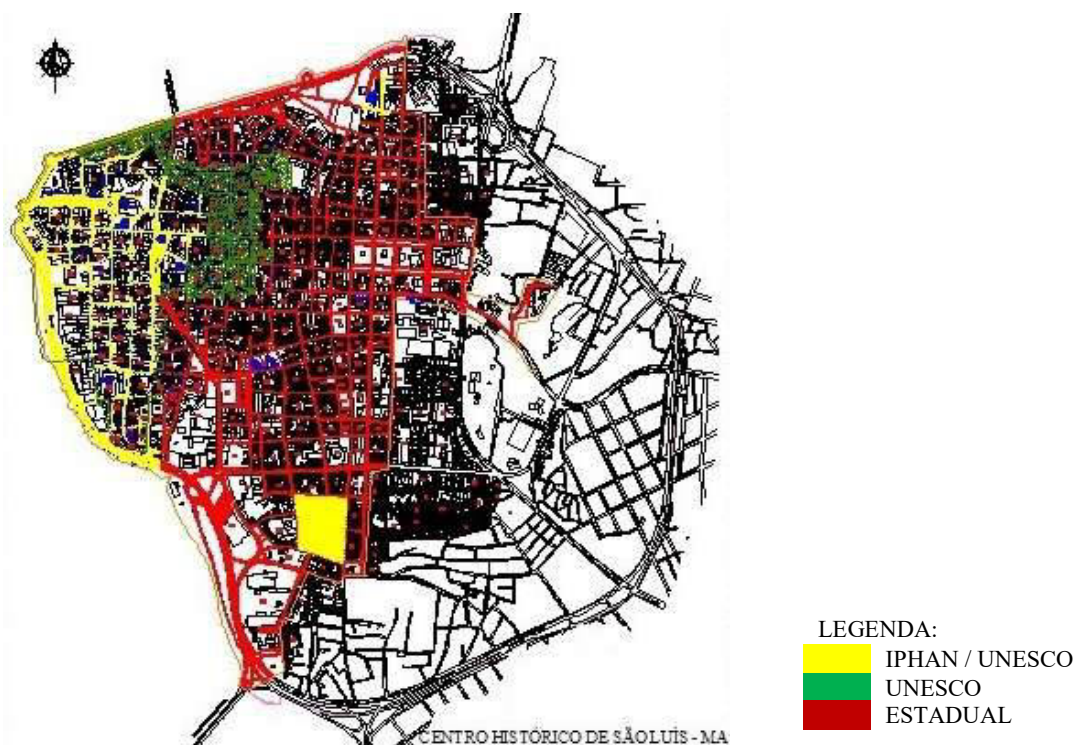


Figura 1 – Centro histórico de São Luís/MA – Esferas de Tombamento  
Fonte: PIRES (2015).

No Centro Histórico de São Luís do Maranhão, assim como em várias outras cidades

históricas, existem os riscos de descaracterização e sinistros. Seguidamente são discriminados alguns desses sinistros para ilustrar a problemática que essas áreas vivem. Segundo os estudos de Cóias (2007: pág. 24), os cenários de risco para o Centro Histórico de São Luís do Maranhão, são:

1. Intervenções avulsas que levam a descaracterização e desvalorização progressiva do patrimônio arquitetônico;
2. Instalações elétricas obsoletas, mas ativas, falta de um sistema de combate a incêndio e estruturas de madeira sem proteção contra incêndio, que poderão levar a incêndios que destruirão o patrimônio arquitetônico.
3. Instalações pluviais danificadas, instalações hidráulicas rompidas e falta de instalações sanitárias que levam ao colapso das estruturas por permitirem a instalação de patologias;
4. Estruturas e fundações debilitadas por ausência de manutenção correta durante anos que podem levar a ruína das edificações.

Nesse sentido, este Projeto Aplicado de Mestrado pretende verificar a viabilidade do uso do aço, em vez da madeira, na recuperação estrutural de prédios antigos, utilizando-se para isso um Projeto de Estrutura idealizado totalmente da forma tradicional para os barrotes de sustentação dos pisos e o mesmo projeto executado com aço, substituindo-se o madeiramento por uma estrutura em aço.

## **1.1 Objetivos**

Propor a utilização de estruturas em aço como possível solução para recuperação estrutural de edifícios em centros históricos.

### Objetivos específicos

- Conceituar áreas de interesse histórico e elencar suas respectivas legislações;
- Conceituar patologias e identificar as possíveis causas;
- Investigar as condições atuais de como são realizadas as recuperações estruturais – estado da arte;
- Compreender o processo de recuperação das estruturas em edifícios históricos – descrever os processos;
- Identificar as patologias para se determinar qual o material para se proceder a substituição.

O percurso dado à pesquisa foi dividido em 6 capítulos. O primeiro capítulo foi dedicado a



introdução do projeto aplicado. No Capítulo 2 apresentam-se reflexões teóricas a respeito das políticas de intervenção em áreas de interesse histórico com foco na recuperação estrutural. Inicia-se com a conceituação de áreas de interesse histórico no olhar de alguns autores, tais como Françoise Choay, Maria João Carvalho e os conceitos apresentados por instituições voltadas para a preservação e conservação dessas áreas. Posteriormente apresentam-se as Cartas Patrimoniais e suas preocupações, em relação ao objeto desta pesquisa, e as legislações pertinentes às áreas de interesse histórico.

Com relação às patologias em sítios históricos, estas compõem o Capítulo 3, incluindo a conceituação, os tipos e características e os principais materiais utilizados. Estes estudos têm o objetivo de apresentar um conjunto de informações de modo a que se possam aplicar no objeto de estudo.

Já no Capítulo 4, apresentam-se estudos sobre recuperação estrutural utilizando aço. Inicia-se com a conceituação e apresentam-se os tipos, características e principais técnicas construtivas.

No Capítulo 5 apresenta-se o objeto de estudo: o Casarão da Rua do Giz, n.º 93 – Centro Histórico de São Luís do Maranhão. Inicialmente apresenta-se o levantamento métrico arquitetônico da edificação. Posteriormente confrontam-se duas propostas distintas de recuperação em edifícios. A primeira com o emprego de estrutura de madeira, que é referente as técnicas construtivas tradicionais, e a segunda que é a aplicação de estruturas de aço na recuperação do casarão. Em ambas as situações apresentam-se os cálculos referentes a utilização da madeira, bem como da utilização do aço. São realizadas as ponderações a respeito da utilização dos dois materiais e apresentam-se as vantagens e desvantagens dos mesmos.

O Capítulo 6 apresenta as considerações finais desta pesquisa, nas quais se poderá constatar a vantagem da utilização das estruturas em aço para a recuperação estrutural em edifícios históricos.

## CAPÍTULO 2

### POLÍTICA PARA INTERVENÇÃO EM ÁREAS DE INTERESSE HISTÓRICO COM FOCO EM RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

## **2 POLÍTICA PARA INTERVENÇÃO EM ÁREAS DE INTERESSE HISTÓRICO COM FOCO NA RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL**

### **2.1 Conceituação das áreas de interesse histórico**

O artigo 216º da Constituição Federal Brasileira conceitua patrimônio cultural como sendo os bens “de natureza material e imaterial, tomados individualmente, ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira”.

De acordo com os estudos de Cavém (2007: pág. 15), “o centro histórico de uma cidade é, regra geral, a área mais antiga que se tornou progressivamente o centro da cidade moderna...”. Este pensamento coincide com os estudos realizados pela Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU, 2005: pág. 128), que entende que as áreas centrais são “... o núcleo de origem do aglomerado, de onde irradiaram outras áreas urbanas sedimentadas pelo tempo, conferindo assim a esta zona uma característica própria cuja delimitação deve implicar todo um conjunto de regras tendentes à sua conservação e valorização”.

Diz Choay (2000: pág. 194) que “...os centros e bairros históricos manifestam actualmente uma imagem privilegiada, sintética e, de certa maneira, engrandecida das dificuldades e das contradições com que se confrontam a valorização do património edificado, e em particular a sua reutilização. Noutras palavras: a má integração na vida contemporânea”. Nesta citação, Choay evidencia um problema que se aplica à maioria das realidades dos centros históricos, ou seja, é consensual o seu valor enquanto paisagem, património arquitetónico e cultural, contudo essa valoração não é correspondida em termos de ocupação.

A utilização que é dada aos centros históricos nem sempre corresponde às expectativas decorrentes da identidade que estes possuem. Dada a complexidade, e as múltiplas visões da definição do conceito de centro histórico, ainda hoje é possível encontrar um conjunto de definições diferentes do mesmo conceito que em certos aspectos se justapõem aos elementos característicos dos centros históricos. Entre os quais se destaca a definição apresentada por Carvalho (2011: pág. 8 a 17): centro urbano antigo, núcleo fundacional de uma cidade, cidade histórica ou conjunto urbano com interesse patrimonial.

No Brasil, os centros históricos têm como características ruas estreitas acompanhando o relevo existente do local. Concentram, ou concentravam, os maiores comércios sendo um dos fatores a existência de porto navegável, uma das razões de se fundar as cidades, quando se refere a cidades do litoral. A conservação dessas cidades, ou bairros, é uma necessidade, mas que não ocorre com frequência.

Os centros históricos das cidades, e especificamente o de São Luís, refletem a falta de investimento dos governos e dos proprietários para sua manutenção. Mesmo com os incentivos fiscais de redução de impostos nos prédios tombados, não foram observadas campanhas de manutenção das edificações. Essa redução foi autorizada pela Fundação Municipal de Patrimônio Histórico de São Luís do Maranhão (FUMPH). Uma das razões verificadas são as técnicas construtivas exigidas pelos órgãos de fiscalização, que só aceitam as técnicas construtivas originais, que por sua vez são muito caras no processo de manutenção das edificações. Talvez com a utilização de outras técnicas, que mantenham a identidade dos prédios, se consiga sua perenidade.

Outra razão da falta de manutenção é a falta de uso. Edificações vazias, e abandonadas, não possuem a verificação diária do estado de conservação. Somente o uso diurno com órgãos públicos, comércio e instituições educacionais não garantem a utilização plena das edificações. O ideal seria o uso com habitações, uma “retomada” do Centro Histórico, já tentado com habitações populares, que deram certo, e com o atual fluxo de faculdades, criar “Repúblicas Estudantis” assim como as de Ouro Preto em Minas Gerais.

Os centros históricos ou áreas centrais ainda não possuem uma legislação específica, que contemple não só a conceituação das ações de conservação, mas que vá além. Apresente minimamente as técnicas construtivas que possam ser aplicadas na recuperação da edificação. Nos estudos realizados para este projeto aplicado, percebeu-se que a preocupação com o patrimônio histórico nasce efetivamente em 1931, com a Carta de Atenas. Esta carta faz parte de um conjunto de cartas, fruto de várias reuniões com aqueles que vislumbravam um futuro melhor para os centros históricos.

## **2.2 Cartas patrimoniais**

As cartas patrimoniais são documentos que orientam a condução no processo de conservação e restauração do Patrimônio Histórico. Foram elaboradas por teóricos da conservação e discutidas durante vários encontros realizados pelo mundo inteiro. Nesta pesquisa faz-se uma reflexão somente sobre as cartas que tratam diretamente do objeto de estudo. Seguidamente apresentam-se as principais cartas que cuidam do restauro e conservação.

### **2.2.1 Carta de Atenas – 1931 – Exposição dos princípios gerais e das doutrinas concernentes “a proteção dos monumentos”.**

Nesta Carta foram tratados diversos assuntos pertinentes à proteção do patrimônio, e como principais recomendações da conferência podem-se apontar: 1 – manter a utilização dos monumentos, assegurando assim a continuidade de sua vida, desde que respeitando o seu caráter histórico ou artístico; 2 – criar legislação que seja adequada, compartilhada com a população, e divulgada entre países; 3 – valorizar o entorno do monumento; 4 – utilização de “todos os recursos da técnica moderna e especialmente do concreto armado” no processo de conservação do patrimônio; 5 – incentivar conservadores, arquitetos e representantes das ciências físicas, químicas e naturais ao estudo de métodos aplicáveis para a conservação dos monumentos; 6 – favoráveis à anastilose desde que existam os elementos originais para garantir o processo, caso contrário, sepultar a ruína para sempre, depois de haver realizado um estudo minucioso; 7 – proceder com ações educativas, desde a infância e a juventude, no sentido de não danificarem os monumentos e mais, que façam aumentar o interesse pela proteção dos testemunhos de uma civilização; 8 – elaborar, e publicar, o inventário dos monumentos históricos nacionais com fotos, assim como criar seus arquivos com todos os documentos reunidos e mandar uma via para o Escritório Nacional dos Museus, além de outras publicações (CURY, 2000: pág. 13 a 19).

Enfim, a Carta de Atenas de 1931 é o primeiro processo de conscientização coletiva da conservação do patrimônio e traz as primeiras recomendações sobre a conservação dos monumentos.

O papel da educação, e o respeito aos Monumentos, é a melhor garantia de conservação. Outro processo importante para a conservação do patrimônio é a realização e publicação de

um inventário dos Monumentos Históricos, bem como de Arquivos onde serão reunidos todos os documentos relativos aos seus Monumentos Históricos. Sendo assim, cada Estado deve depositar no escritório nacional as suas publicações.

#### 2.2.2 Carta de Veneza – 1964 – Carta Internacional sobre conservação e restauração de monumentos e sítios.

Carta Internacional sobre a conservação e restauração de monumentos e sítios, cujo objetivo era a “restauração e a conservação dos monumentos visando à salvaguarda tanto como obra de arte quanto como testemunho histórico”.

A carta dá continuidade às propostas da Carta de Atenas de 1931 e complementa inicialmente com a definição de monumento histórico, como sendo aquele que “...compreende a criação arquitetônica isolada, bem como o sítio urbano ou rural que dá testemunho de uma civilização particular, de uma evolução significativa ou de um acontecimento histórico. Estende-se não só às grandes criações, mas também às obras modestas, que tenham adquirido, com o tempo, uma significação cultural” (CURY, 2000: pág. 92).

O art.º 6º da carta apresenta a recomendação sobre conservação do monumento, que implica na preservação da ambiência do local, e alerta em relação às construções novas, que enquanto a ambiência subsistisse, toda e qualquer modificação deveria ser proibida.

Quanto à restauração, segundo a Carta de Veneza, é uma operação de caráter excepcional, contudo no seu art.º 10º existe a seguinte recomendação: “Quando as técnicas tradicionais se revelarem inadequadas, a consolidação do monumento pode ser assegurada com o emprego de todas as técnicas modernas de conservação e construção cuja eficácia tenha sido demonstrada por dados científicos e comprovada pela experiência” (CURY, 2000: pág. 93).

Com o intuito de não falsificar a obra original, na restauração devem ser respeitadas as partes faltantes, nesse sentido, elas são evidenciadas em relação à parte original, de forma harmoniosa.

Com relação aos Sítios Monumentais, a carta recomenda que estes devem receber cuidados especiais, respeitando-se sua integridade e garantido o saneamento, manutenção e valorização da área. As mesmas orientações dadas na Carta de Atenas de 1931 em relação à

anastilose são dadas aqui, sendo que os elementos de integração deverão ser sempre irreconhecíveis e em pequeno número. No final da carta, existe a recomendação de que todos os trabalhos sejam publicados na forma de relatórios analíticos, críticos, ilustrados com desenhos e fotografias (CURY, 2000: pág. 91 a 95).

A Carta de Veneza de 1964 estabelece um consenso internacional sobre um novo conceito de preservação, avança na visão limitada ao monumento isolado quando considera o conjunto urbano e seu meio ambiente, atribui valor tanto às edificações monumentais quanto às edificações modestas, desde que tenham algum significado cultural.

### 2.2.3 Carta de Machu Picchu – 1972

Esta Carta apresenta orientações a respeito da Tecnologia da Construção. Mostra que a dificuldade de utilizar processos altamente mecanizados, ou materiais construtivos eminentemente industrializados, não deve significar uma diminuição do rigor técnico ou de cabal resposta arquitetônica às exigências do problema a resolver, mas, pelo contrário um maior rigor no planejamento das soluções possíveis para o meio. A tecnologia construtiva deve considerar a possibilidade de reciclar os materiais a fim de conseguir transformar elementos construtivos em recursos renováveis.

## 2.3 Legislação

### 2.3.1 Legislação Federal

#### 2.3.1.1 Sistema Nacional de Patrimônio Cultural (SNPC)

O Plano Nacional de Cultura (PNC) apresenta como uma das metas o Sistema Nacional de Patrimônio Cultural (SNPC). O principal objetivo é o de “implementar a gestão compartilhada do Patrimônio Cultural Brasileiro, visando a otimização de recursos humanos e financeiros para sua efetiva proteção” (BRASIL, 2010). Esse sistema ainda atua no processo de fortalecimento de uma política de preservação do patrimônio com o objetivo de regulamentar “princípios e regras para as ações de conservação”, tendo em consideração uma articulação coordenada de ações entre as cidades, estados e o Governo Federal. (BRASIL, 2010).

Diante do exposto, percebe-se que existe o interesse de conjugar as ações de intervenção em edifícios históricos para que haja um consenso nessas intervenções. Este estudo prevê a utilização de estruturas em aço no processo de recuperação estrutural em edifício em áreas de interesse histórico objetivando minimizar a utilização da madeira e proporcionar uma construção mais limpa e rápida, otimizando “os recursos humanos e financeiros”, uma das prerrogativas do Sistema Nacional de Patrimônio Cultural (SNPC).

#### 2.3.1.2 Portaria n.º 420, de 22 de dezembro de 2010

Trata-se de uma portaria do IPHAN, que “dispõe sobre os procedimentos a serem observados para a concessão de autorização de intervenções em bens edificados tombados e nas respectivas áreas de entorno” (IPHAN, 2010). A portaria instrui sobre as definições, autorização de intervenção e demais procedimentos burocráticos a serem seguidos tanto internamente ao instituto quanto para aquele que desejar intervir em um edifício em área de interesse histórico.

Contudo, as normativas não esclarecem muito a respeito daquilo que pode, ou não, ser realizado como obra de intervenção. Não deixa claro como se deve intervir em um edifício histórico, tendo então o proprietário e/ou arquiteto de elaborar um projeto em nível de estudo preliminar para submeter à aprovação do instituto. Este seria um passo totalmente evitável se a normativa fosse mais explícita em suas exigências.

#### 2.3.2 Legislação Estadual

O processo de conservação do centro histórico de São Luís do Maranhão toma maior vulto com o Programa de Preservação e Revitalização do Centro Histórico (PPRCH), cuja materialização ocorreu com a criação oficial pelo “Decreto Estadual n.º 7.435 de 16 de novembro de 1979, no âmbito da SEPLAN-MA” (SILVA, 1997: pág 28).

Não se trata de uma legislação estadual, mas de um planejamento para a área. Como na época não havia nenhuma legislação que desse este norte, em relação às intervenções, o PPRCH contribuiu sob este aspecto. Contudo, nos idos de 1990, as esferas federal, estadual e municipal se uniram para tentar uniformizar as normativas no que diz respeito às intervenções nas áreas de interesse histórico. Infelizmente a investida não logrou o sucesso



desejado.

### 2.3.3 Legislação Municipal

Com relação ao Município de São Luís, este possui na Lei Urbanística Básica de São Luís de 1997, na pág. 243, um texto que trata sobre a obrigatoriedade de uso de telhas cerâmicas na área de preservação histórica; na pág. 250 trata sobre a proteção do patrimônio cultural do município; na pág. 253 trata sobre a isenção do Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU) dos imóveis do centro histórico de São Luís, tombados pela União, Estado e Município. No Plano Diretor de 2006, o Título VII trata sobre a Política de Conservação Urbana Integrada e apresenta outras informações pertinentes ao assunto. No Título X (Dos instrumentos), em seu Capítulo I, Seção XII, trata sobre o Estudo de Impacto de Vizinhança. Ressalta sobre a importância do estudo prévio de Impacto de Vizinhança para todo e qualquer empreendimento (reforma, ampliação) que possam “causar impacto afetando a qualidade de vida da população residente na área ou nas proximidades” (SÃO LUÍS, 2006: pág. 65).

Contudo, os projetos que são submetidos à aprovação no Município, após verificação da documentação pela Secretaria Municipal de Urbanismo e Habitação (SEMURH), são encaminhados ao Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e Paisagístico do Maranhão (DPHAP/MA) para análise e verificação do atendimento às Normas e Diretrizes para Intervenções no Centro Histórico de São Luís. Posteriormente são devolvidos a SEMURH para expedição do alvará de construção.

Constata-se que as três esferas possuem, de alguma forma, seus critérios para salvaguardar o patrimônio cultural da cidade de São Luís. Contudo, ainda não conseguiram unificar esses critérios, o que provoca um prejuízo significativo ao patrimônio histórico. Julga-se que normas, diretrizes e critérios para intervenção em sítios urbanos bem definidos contribuem para a factibilidade da conservação e da preservação do sítio histórico.

## CAPÍTULO 3

### PATOLOGIAS EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS

### **3 PATOLOGIAS EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS**

#### **3.1 Conceito**

As patologias na construção civil dizem respeito aos edifícios que apresentam algum tipo de defeito. Não são somente aqueles que porventura ocorram na obra, mas basicamente aqueles que ocorrem por falta de manutenção. Pode dizer-se que o termo patologia está então ligado diretamente ao estado “doentio” do edifício, na medida em que ele não consegue oferecer aos habitantes todas as funções para o qual foi projetado.

Assim como na medicina que trata as patologias do ser humano, na construção civil procede-se com os reparos no edifício. Esse reparo tem por objetivo recuperar as funções para as quais o edifício foi projetado.

De acordo com os estudos de Ferreira (2010), os principais fatores geradores de patologias estão relacionados a concepção e projeto, execução e a própria utilização.

Dentro das causas de concepção e projetos tem-se: ausência de projeto, inadequação do programa do edifício ou sua alteração insuficientemente fundamentada, má conservação, inadequação ao ambiente (de natureza geotécnica, geofísica e/ou climática, inadequação a condicionamentos técnicos ou econômicos, informação insuficiente, escolha ou quantificação inadequada das ações, modelos incorretos de análise ou de dimensionamento, pormenorização insuficiente ou deficiente, erros numéricos ou enganos de representação e seleção e especificação incorretas de materiais e técnicas construtivas.

Com relação às patologias e em relação à execução cita-se: não conformidade entre o que foi projetado e o efetivamente executado; má qualidade dos materiais entregues; falta de preparação e de qualificação da mão-de-obra utilizada; manuseio e processos de aplicação inadequados de materiais; má interpretação do projeto; ausência ou insuficiência de fiscalização; e alterações inadequadas das soluções de projeto, incluindo os materiais propostos.

No que se refere às patologias causadas pela utilização apontam-se as seguintes causas: alteração das condições de utilização previstas, implicando, nomeadamente, o agravamento das ações consideradas no projeto; remodelações e alterações mal estudadas; degradação dos

materiais (deterioração anormal por incúria na utilização); ausência, insuficiência ou inadequação da manutenção e alterações das condições do contexto envolvente do edifício, não previstas no projeto (escavações importantes, novas construções, demolições de edifícios contíguos).

No entanto, para se proceder com o reparo dessas patologias é necessária a perfeita compreensão de cada uma delas. Não basta detectá-la! Tem que se pesquisar para conhecer a sua causa e pesquisar a respeito tanto das degradações quanto do próprio sistema construtivo.

Os exames nos componentes devem abranger a identificação dos tipos e características das estruturas, alvenarias, telhados, pisos, forros, revestimentos, esquadrias, ferragens, etc..

Por fim, as investigações devem abranger os elementos construtivos integrados e aplicados, constituídos pelos vitrais, portais, entablamentos, entre outros de igual importância.

### **3.2 Tipos e características**

O Quadro 1 classifica os agentes de deterioração dos edifícios quanto a origem e localização (interna ou externa).

Com base nos dados apresentados existe a possibilidade de prevenção de algumas dessas patologias, basta incluir em um plano de manutenção preventiva a observação de alguns possíveis sinistros.

As patologias são causadas pelos mais variados agentes. Como observado no Quadro 1, as causas podem surgir desde a escolha dos materiais, passando pelas técnicas construtivas adotadas, até a falta de manutenção do edifício.

De acordo com os estudos de Liechtenstein (1986), que se apresentam no Quadro 1, os agentes de deterioração podem ser classificados pela origem e natureza.

Quadro 1 – Agentes de deterioração dos edifícios  
Fonte: Boletim técnico 06/86 (1986).

<b>AGENTES DE DETERIORAÇÃO DOS EDIFÍCIOS</b>				
<b>Origem</b>	<b>Exterior à edificação</b>		<b>Interior à edificação</b>	
<b>Natureza</b>	<b>Atmosfera</b>	<b>Solo</b>	<b>Impostos pela ocupação</b>	<b>Consequência da concepção</b>
<b>1 – Agentes mecânicos</b>				
1.1 – Gravidade	Cargas de neve, de água da chuva	Pressão do solo e água	Sobrecarga de utilização	Cargas permanentes
1.2 – Forças de deformação impostas	Pressão do gelo, dilatação térmica e higroscópica	Escorregamentos, recalques	Esforços de manobra	Retrações, fluência, forças e deformações impostas
1.3 – Energia cinética	Vento, granizo, choques exteriores	-----	Choques interiores, abrasão	Impactos de corpo mole
1.4 – Vibrações e ruídos	Ruídos exteriores	Sismos, vibrações exteriores	Ruídos interiores vibrações interiores	Ruídos da edificação, vibrações da edificação
<b>2 – Agentes eletromagnéticos</b>				
2.1 – Radiação	Radiação solar	-----	Lâmpada, radiação nuclear	Painel radiante
2.2 – Eletricidade	Raios	Correntes parasitárias	-----	Correntes de distribuição
2.3 – Magnetismo	-----	-----	Campos magnéticos	Campos magnéticos
<b>3 – Agentes térmicos</b>	Reaquecimento, congelamento, choque térmico	Reaquecimento, congelamento	Calor emitido, cigarro	Aquecimento, fogo
<b>4 – Agentes químicos</b>				
4.1 – Água e solventes	Umidade do ar, condensação, precipitação	Água de superfície, água subterrânea	Ações de lavagem com água, condensações, detergentes, álcool	Águas de distribuição, águas servidas, infiltrações
4.2 – Oxidantes	Oxigênio, ozônio, óxidos de nitrogênio	-----	Hipoclorito de sódio (água de lavadeira), água oxigenada	Potenciais eletroquímicos positivos
4.3 – Redutores	-----	Sulfetos	Agentes combustíveis amônia	Agente combustíveis, potenciais eletroquímicos negativos
4.4 – Ácidos	Ácido carbônico, excrementos de pássaros, ácido sulfúrico	Ácido carbônico, ácidos húmicos	Vinagre, ácido cítrico, ácido carbônico	Ácido sulfúrico, carbônico
4.5 – Bases	-----	Cales	Soda cáustica, hidróxido de potássio, hidróxido de amônio	Soda cáustica, cimentos
4.6 – Sais	Névoa salina	Nitratos, fosfatos,	Cloreto de sódio	Cloreto de

AGENTES DE DETERIORAÇÃO DOS EDIFÍCIOS				
Origem	Exterior à edificação		Interior à edificação	
		cloretos, sulfatos		cálcio, sulfatos, gesso
4.7 – Matérias inertes	Poeira	Calcários, sílica	Gorduras, óleos, tintas, poeira	Gorduras, óleos, poeira, sujeira
<b>5 – Agentes biológicos</b>				
5.1 – Vegetais	Bactérias, grãos	Bactérias, fungos, cogumelos, raízes	Bactérias, planta domésticas, animais domésticos	-----
5.2 – Animais	Insetos, pássaros, mamíferos	Roedores, vermes		

Com relação às patologias mais encontradas nos edifícios do Centro Histórico de São Luís do Maranhão, pode-se afirmar, diante dos estudos realizados, que as mais comuns são causadas por falta de manutenção no edifício e posteriormente pela qualidade do material utilizado em recuperações anteriores.

Quanto à origem e natureza, pode-se inferir que a maior parte delas ocorre por Agentes Biológicos, principalmente no interior da edificação.

As edificações apresentam focos de xilófagos nas esquadrias, no madeiramento de piso e trama da cobertura. Apresentam também vegetação na cobertura, o que provoca um escorregamento das telhas, infiltração da água de chuva e a retenção desta água, criando ambientes úmidos, propícios a proliferação de insetos nocivos a estrutura da edificação.

Há também as patologias causadas por Agentes Mecânicos. Por se tratar de uma cidade histórica, a mesma foi concebida com ruas que comportassem apenas veículos com tração animal, posteriormente para veículos leves. Contudo, com o passar dos tempos os veículos tornaram-se maiores e mais pesados e as ruas não estão adaptadas para essa carga adicional. Além de danificar a pavimentação as ruas (paralelepípedo) com o trânsito de veículos mais pesados, há a vibração que é transmitida para a edificação, ocasionando fissuras, que se não reparadas podem comprometer a integridade física da edificação.

Nesse sentido, para proceder com a recuperação de edifícios históricos, devem ser adotados procedimentos que realmente “asseguem resultados satisfatórios a longo prazo” (VARUM, 2005: pág. 12). Para tanto é necessário adotar-se técnicas construtivas de reparo que sejam eficazes para aquele tipo de patologia, preocupando-se sempre com as causas daquela

patologia, para que não ocorra novamente.

Conforme os estudos de Varum (2005), deve-se se necessário proteger e reforçar os elementos estruturais e não estruturais assim como os terrenos das fundações.

Como uma das preocupações das instituições de salvaguarda do patrimônio no Brasil, encontra-se o levantamento das condições existentes. Para o IPHAN é uma parte importante dentro do projeto de intervenção em áreas históricas, denomina-se identificação e conhecimento do bem. Realizada esta etapa inicia-se o diagnóstico da edificação.

Para tanto é necessário serem realizados os levantamentos métrico arquitetônico e fotográfico. No levantamento métrico arquitetônico constam informações não só a respeito da arquitetura do edifício, mas das instalações prediais existentes e suas condições, bem como do sistema estrutural, tanto do edifício quanto da cobertura. Todas as informações devem estar descritas no levantamento métrico arquitetônico e nos relatórios, quais sejam pesquisa histórica, análise tipológica, identificação de materiais e sistema construtivo e o diagnóstico propriamente dito, que deve estar acompanhado de um mapeamento dos danos (mapeamento das patologias).

Quanto ao levantamento fotográfico, este deve seguir uma ordem. Primeiramente se fotografa toda a edificação pelo lado externo, focando além das fachadas, a cobertura (quando visível) e todos os danos existentes. Posteriormente iniciam-se as fotografias internas, ambiente por ambiente, incluindo as fotografias dos danos existentes e peculiaridades (gradis, vitrais, bens integrados etc.). Ao final, procede-se com um relatório a respeito da análise do estado de conservação do edifício. Trata-se uma leitura completa da edificação, de todos os seus pormenores.

Quando se trata de sítio histórico, o levantamento se estende aos estudos geotécnicos e aos ensaios e testes. Somente após realizadas estas etapas e que se deve iniciar o projeto de intervenção.

## CAPÍTULO 4

# RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL UTILIZANDO O AÇO



## **4 RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL UTILIZANDO O AÇO**

### **4.1 Considerações iniciais**

As estruturas, independente do sistema construtivo e materiais utilizados, naturalmente se desgastam e se degradam ao longo do tempo, devido a fatores como, por exemplo: ações climáticas, desgaste pelo uso, e até mesmo em alguns casos falhas na execução ou no projeto, conforme apresentado anteriormente neste estudo.

O processo de recuperação deve ser prontamente realizado para que a estrutura volte a estar em perfeitas condições de uso, garantindo a segurança dos usuários e aumentando a vida útil da mesma (CAMPOS, 2006: pág. 21 ).

Com a necessidade de se preservar o meio ambiente, com a redução do corte de árvores para a construção civil e outros fins, a utilização do aço no reforço estrutural de edificações históricas, se torna imprescindível.

Cada vez mais se vê esse material sendo utilizado, tanto na fase inicial, no uso em escoramentos, como na fase final na substituição da madeira nas estruturas dos edifícios.

Utilizando o aço pode-se aproveitar suas características físicas tais como elevada resistência mecânica, e flexibilidade, levando a uma menor quantidade de material utilizado, permitindo, quando necessário, a criação de novos pavimentos.

Pode-se ter reforço e/ou recuperação estrutural nas edificações históricas, sempre atendendo as cartas patrimoniais quando a diferenciação dos materiais novos dos existentes para poder caracterizar bem a intervenção.

### **4.2 Tipos e características**

Conforme Campos (2006), os tipos e características da recuperação estrutural utilizando o aço podem ser por esvaziamento, inserção, adição vertical, adição lateral:

- A recuperação por esvaziamento (*gutting*) se caracteriza pela total ou parcial demolição das estruturas internas do edifício e substituição por tipo. Como o exemplo apresentado na Figura 2, onde todo o interior do edifício foi demolido restando

somente a fachada do bem histórico.



Figura 2 – Recuperação de edifício na cidade Lisboa. Escoramento da fachada  
Fonte: CAMPOS (2006).

- Quanto à recuperação por inserção (*insertion*), é aquela que integra a estrutura nova com a antiga, sem haver prejuízo na volumetria, mesmo inserindo um novo piso. Como exemplo, apresenta-se uma recuperação estrutural realizada no prédio da Rede Ferroviária Federal S.A. em São Luís do Maranhão, a qual necessitou um procedimento de recuperação estrutural por inserção, como se pode observar da Figura 3 à Figura 6. Nesta intervenção foram inseridas plataformas metálicas para sustentação das caixas (depósitos) de água elevadas.

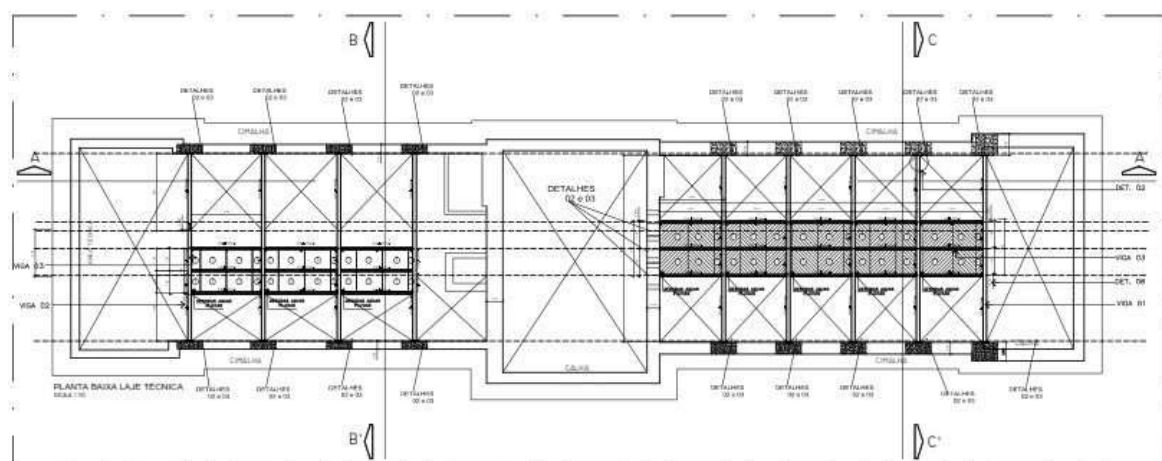


Figura 3 – Planta baixa – 2º Pavimento

Fonte: Arquivo pessoal (2017).

As áreas hachuradas representam os locais de acréscimos para instalação das caixas (depósitos) de água e equipamentos de ar condicionado.

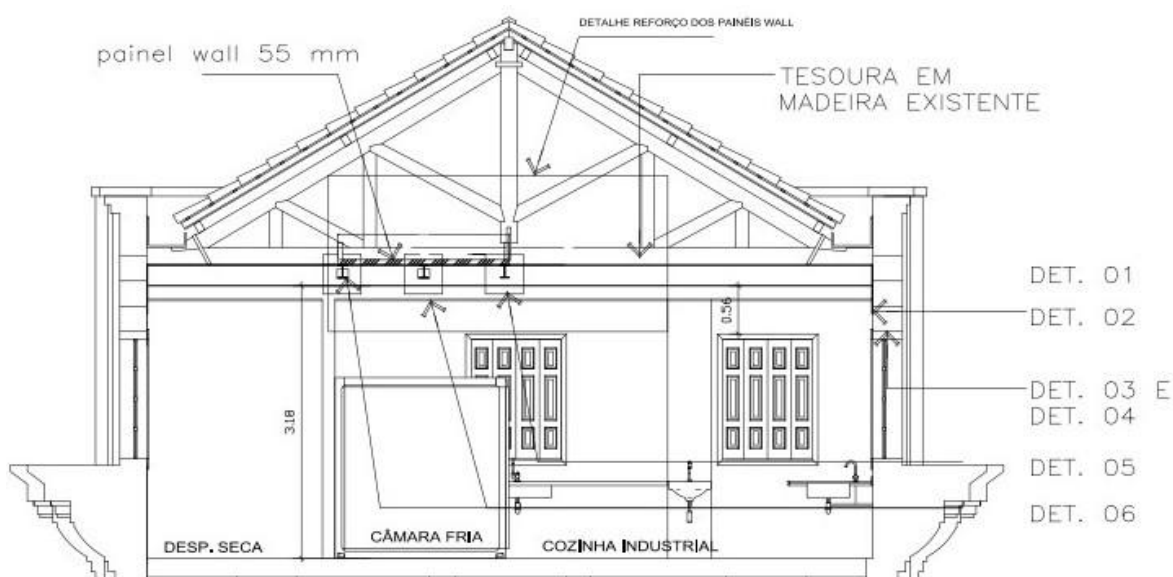


Figura 4 – Corte BB'

Fonte: Arquivo pessoal (2017).

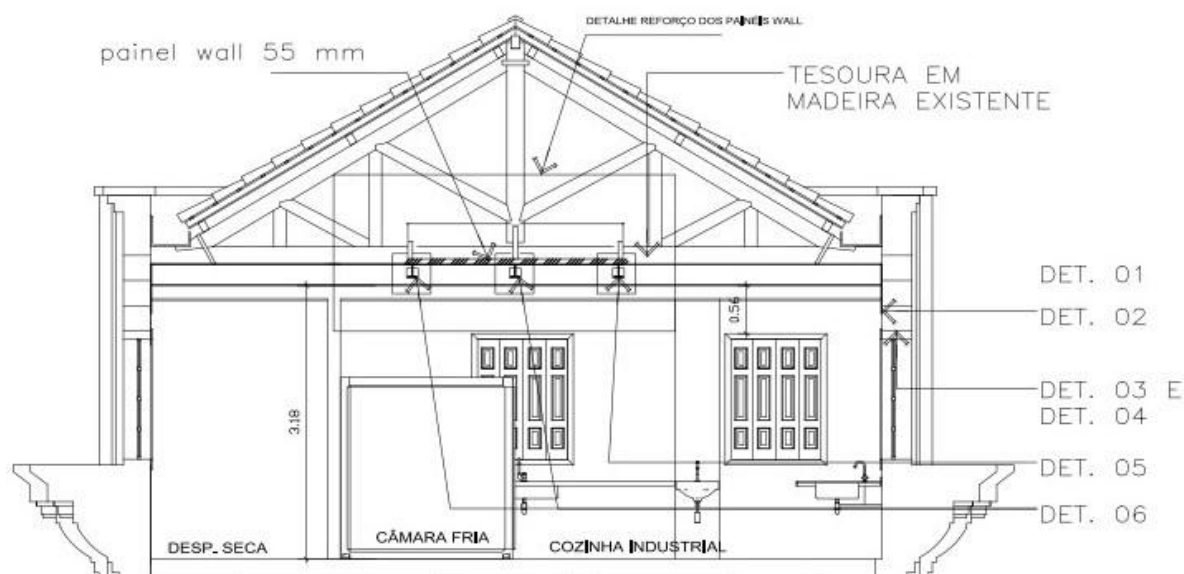


Figura 5 – Corte CC'  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).



Figura 6 – Detalhe do reforço dos painéis WALL  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

- Em relação à recuperação por adição vertical (*vertical addition*), são aquelas realizadas em um edifício com o objetivo de aumentar o número de pavimentos, alterando assim sua volumetria. Para esse tipo de recuperação devem ser verificadas as capacidades de carga das fundações e pilares existentes. Na Figura 7 representa-se este tipo de recuperação. Percebe-se nitidamente, pela fachada da edificação, a inserção de mais um pavimento, construído com estrutura metálica. Houve a recuperação da edificação, incluindo a estrutura e houve o acréscimo de pavimento.



Figura 7 – *Shopping da Gávea* no Rio de Janeiro  
Fonte: CAMPOS (2006).

- Quanto a adição lateral, não pode ser chamada de reforço ou recuperação estrutura, mas sim de uma ampliação de pavimento.



Figura 8 – Aumento de área do Tribunal Regional do Trabalho no Rio de Janeiro  
Fonte: CAMPOS (2006).





Figura 9 – Aumento de área do Tribunal Regional do Trabalho no Rio de Janeiro  
Fonte: CAMPOS (2006).

A Figura 8 apresenta a ampliação do pavimento lateralmente sendo executado com laje pré fabricada em concreto. Já a Figura 9 apresenta a estrutura metálica que será utilizada para fechamento da ampliação do pavimento. A estrutura está pronta para receber a vedação vertical e a cobertura.

#### **4.3 Técnicas construtivas**

Nas edificações, e especialmente nas históricas devido à importância desses prédios, as técnicas utilizadas devem ser cuidadosamente estudadas antes de se iniciar qualquer serviço de recuperação e/ou reforço.

As intervenções devem ser por etapas de maneira que não haja risco de acidente na obra.

Em recuperação de paredes deve-se tomar cuidado com a estabilização como, por exemplo, a não retirada do telhado que dá integridade a estrutura.

Na execução de escavações, para recuperação de fundações em baldrame (fundação corrida), deve-se tomar o cuidado de não se escavar todo o pé da parede de uma só vez. A melhor forma é se fazer metro sim, metro não para a estabilidade não se alterar.

A Figura 10 apresenta, de forma esquemática, o procedimento que será adotado para recuperação de parede externa em um edifício histórico, no qual será escavado o baldrame

(fundação corrida) para proceder com a recuperação da base da parede.

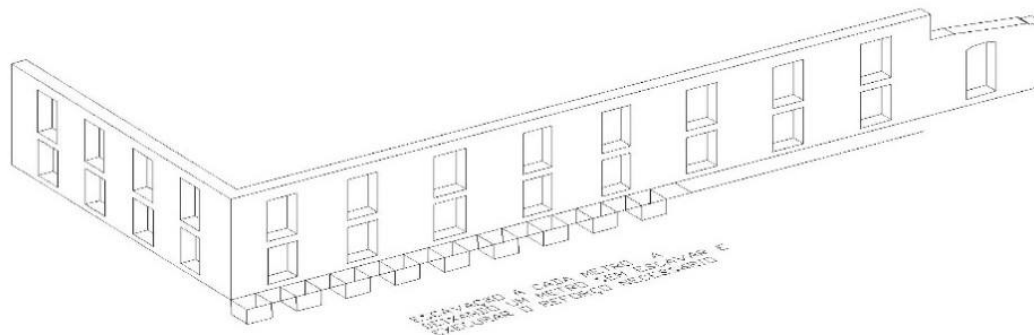


Figura 10 – Escavação de baldrame (fundação corrida) para reforço  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Na recuperação de pisos tabuados, inicia-se pela retirada das peças deterioradas, se necessário se procede com escoramento da estrutura, para dar continuidade a substituição das peças.

Com relação à cobertura, de acordo com as condições existentes, deve-se proceder com o escoramento das peças principais para então iniciar o processo de recuperação estrutural da cobertura.

Na recuperação de paredes, ou reconstrução, deve-se utilizar os métodos originalmente usados na confecção das mesmas, por exemplo taipa de pilão. Na Figura 11 é apresentado um dos tipos utilizado para execução da taipa de pilão, no qual é utilizada uma forma de madeira que é movimentada na medida em que se apiloa a taipa.

Na Figura 12 é apresentada a execução de uma parede em taipa de pilão com fundação em bloco de pedra argamassada. Essas técnicas construtivas são comumente encontradas em conjuntos arquitetônicos antigos.

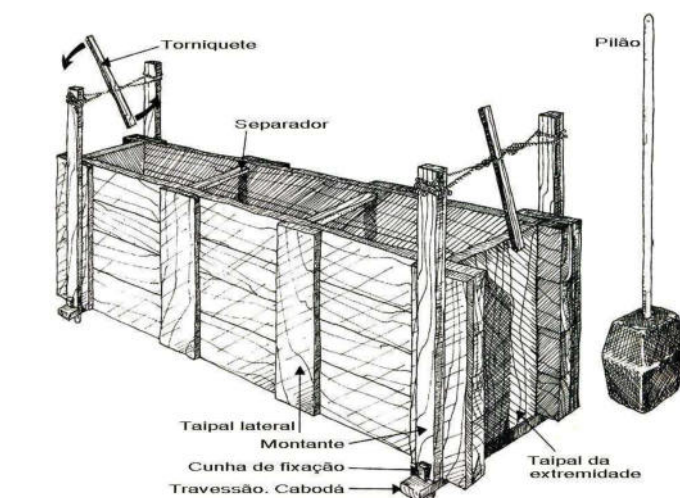


Figura 11 – Taipa e pilão  
Fonte: COLIN (2010).

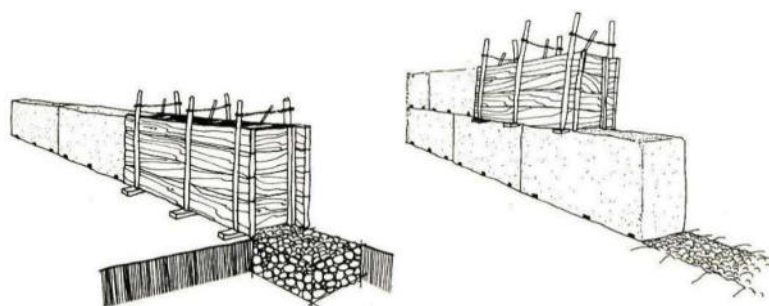


Figura 12 – Execução da taipa de pilão  
Fonte: COLIN (2010).

Na Figura 13 são apresentados diferentes tipos de reforço estrutural utilizados em paredes de cadeia em três épocas distintas.

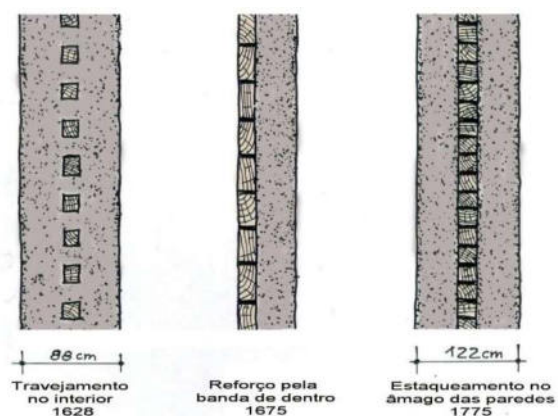


Figura 13 – Taipa de pilão reforçada com madeira, utilizada nas cadeias, vista em planta  
Fonte: COLIN (2010).



Na Figura 14 apresenta-se o reforço estrutural em arco abatido utilizando peças de aço calandradas. Esses arcos são comuns em sobrados e solares.



Figura 14 – Reforço de estrutura em alvenaria em forma de arco  
Fonte: CAMPOS (2006).

Na Figura 15 está representado o reforço em aço galvanizado no telhado da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Janirú, São Paulo. Este reforço foi realizado com estrutura de aço com perfis *steel frame*. Material bem mais leve que a madeira, impactando menos nas alvenarias



Figura 15 – Telhado da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Janirú, São Paulo, reforçado com estrutura de aço  
Fonte: CAMPOS (2006).

Conforme apresentado na Figura 16, as estruturas de calabouços e/ou porões eram realizadas com reforço dos pisos por meio de elevações para se evitar umidade no interior da masmorra. Tipo pouco comum no centro histórico de São Luís do Maranhão.

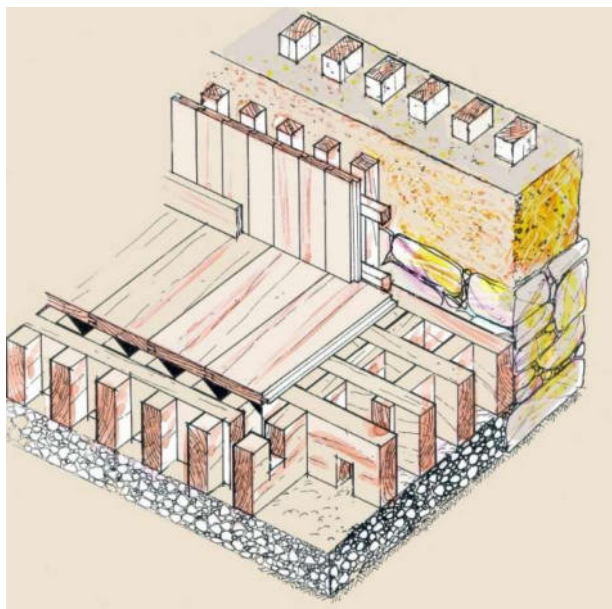


Figura 16 – Detalhe de pisos e paredes de enxovias  
Fonte: COLIN (2010).

Para estrutura de telhado, na Figura 17, é apresentada uma técnica de estrutura de telhado sem tesouras para sustentação do madeiramento e manto de cobertura. Trata-se de uma estrutura onde os caibros são travados por peças de madeira de igual seção, diminuindo assim o vão da peça (caibro).



Figura 17 – Estrutura de caibro armado. Fazenda Viegas  
Fonte: COLIN (2010).

Para receber o peso da cobertura, as cabeças das paredes recebem uma armação de madeira (frechais), que distribuirá uniformemente a carga conforme apresentado na Figura 18 o detalhe de execução.

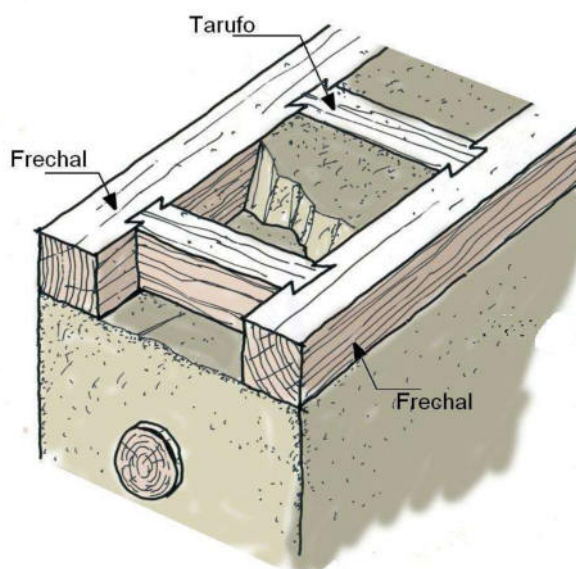


Figura 18 – Detalhe do frechal  
Fonte: COLIN (2010).

Na Figura 19 são apresentados os detalhes das bordas (beiral) dos telhados com a nomenclatura específica de cada elemento construtivo do beiral. Essas peças são comumente encontradas nos telhados dos edifícios históricos.

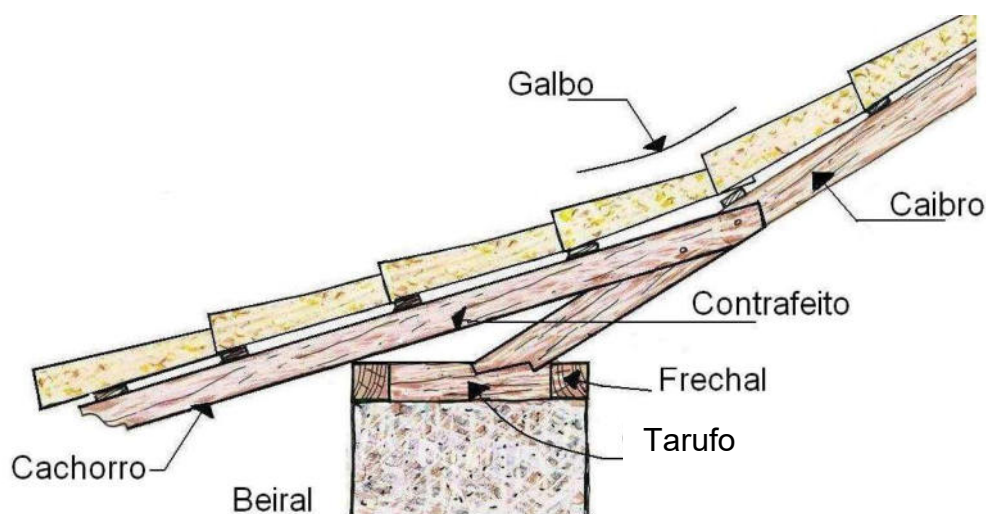


Figura 19 – Elementos do beiral de caibro armado  
Fonte: COLIN (2010).



O reforço de laje de concreto apresentado na Figura 20 com a utilização de perfis metálicos, contribuiu para o aumento de capacidade de carga de determinado pavimento. Esse procedimento é comum em prédios onde ocorreu a mudança de uso e para este novo uso, necessita de aumento da resistência à carga de serviço nos pavimentos.



Figura 20 – Reforço de laje de concreto  
Fonte: CAMPOS (2006).

Outra técnica utilizada para aumento da capacidade de carga de pavimentos é a recuperação do piso com colocação de vigas extras de madeira conforme apresentado na Figura 21. Esse procedimento é muito utilizado em prédios históricos, cujo uso foi alterado.

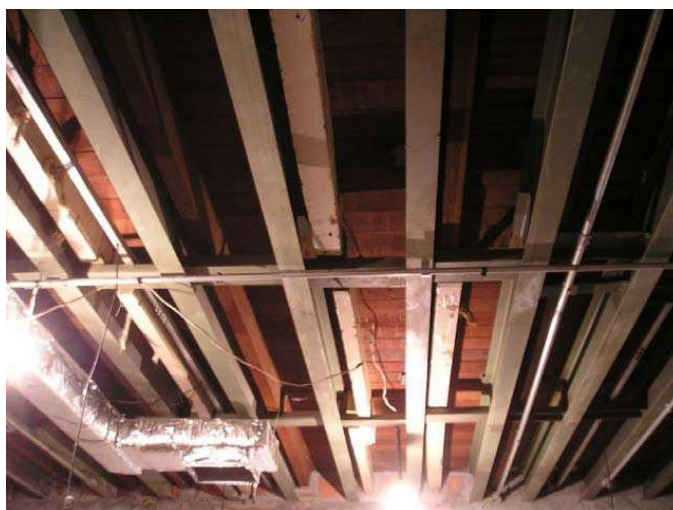


Figura 21 – Reforço de pisos de madeiras Gávea *Golf Club* – RJ  
Fonte: CAMPOS (2006).

Na Figura 22 está representada outra técnica construtiva de reforço de laje com utilização de perfis metálicos para reforço externo de lajes cogumelo.



Figura 22 – Reforço de lajes cogumelo  
Fonte: CAMPOS (2006).

No Coliseu em Roma houve a necessidade de inserção de elevadores para pessoas portadoras de necessidades especiais, adaptando assim a edificação ao uso universal. Para tanto foram utilizados perfis metálicos para adaptação de uso em edifícios históricos conforme apresentado na Figura 23.



Figura 23 – Elevador Coliseu de Roma  
Fonte: CAMPOS (2006).

Outra situação que necessitou do uso de materiais modernos em edificação histórica foi uma passarela construída para visitas ao prédio em estado de ruína em Roma. Como se pode observar na Figura 24, em determinados trechos da edificação não existe laje de piso, deste modo foi utilizada a passarela em estrutura metálica para promover o circuito de visitas dos turistas.



Figura 24 – Passarela em Roma na Itália.  
Fonte: CAMPOS (2006).

Na Figura 25 é apresentada uma outra vista da passarela mencionada anteriormente neste estudo.



Figura 25 – Passarela em Roma na Itália  
Fonte: CAMPOS (2006).



A utilização da estrutura metálica em recuperação de edifícios históricos é comum atualmente. Principalmente quando é necessária adequação de uso às necessidades da contemporaneidade, como o caso apresentado na Figura 26, onde houve a adaptação de uma antiga fábrica em ginásio, com a utilização de estrutura metálica.



Figura 26 – Conversão de fábrica em Ginásio em Canto na Itália  
Fonte: CAMPOS (2006).

No caso de recuperação de forros e telhados, são utilizadas diversas técnicas construtivas. Da Figura 27 à Figura 29 apresenta-se o forro danificado de uma igreja, onde houve a necessidade de recuperação da estrutura de sustentação tanto do forro quanto do telhado.



Figura 27 – Forro da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Jarinú São Paulo  
Fonte: CAMPOS (2006).



Figura 28 – Detalhe do madeiramento do telhado da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Jarinú São Paulo  
Fonte: CAMPOS (2006).



Figura 29 – Detalhe do forro e do madeiramento do telhado da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Jarinú São Paulo  
Fonte: CAMPOS (2006).

Para a recuperação total do telhado foi utilizada a estrutura metálica para sustentação do manto da cobertura conforme apresentado na Figura 30.





Figura 30 – Estrutura do telhado da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Janirú São Paulo. A estrutura de madeira foi substituída por estrutura de aço  
Fonte: CAMPOS (2006).

Com o apresentado neste capítulo, compreende-se que existem várias técnicas construtivas, bem como diversos modos de se proceder com a recuperação estrutural em edifícios históricos, sem contar com a quantidade de materiais que podem ser utilizados. Nesse sentido, este projeto aplicado, entende que, diante da conjuntura atual em que vive o planeta e o risco que o meio ambiente corre com o desmatamento, é que se propõem a estudar a utilização do aço como possibilidade de material para o reforço estrutural de edifícios históricos.

**CAPÍTULO 5**  
**RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL NO CASARÃO DA RUA DO GIZ,**  
**N.º 93 NO CENTRO HISTÓRICO DE SÃO LUÍS DO**  
**MARANHÃO/BRASIL**

## **5 RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL NO CASARÃO DA RUA DO GIZ, N.º 93 NO CENTRO HISTÓRICO DE SÃO LUÍS DO MARANHÃO/BRASIL**

O Centro Histórico de São Luís do Maranhão se caracteriza por possuir grande diversidade de edifícios históricos, com várias tipologias e estilos, e ainda preserva o traçado original, considerando o conjunto urbano.

Devido à expansão da cidade, para além rios, o centro passou por um esvaziamento significativo, ocasionando assim a degradação de alguns exemplares por falta de uso ou manutenção, como o caso do Palacete da Rua Formosa, apresentado na Figura 31 e o prédio da Rua de Nazareth apresentado na Figura 32.

Ambos os prédios foram invadidos em virtude de passar alguns anos sem uma ocupação plena (residencial, comercial, institucional etc.), o que ocasionou o mal uso do espaço e por consequência a degradação interna e externa do edifício.



Figura 31 – Palacete da Rua Formosa, São Luís do Maranhão  
Fonte: PIRES (2015).



Figura 32 – Rua Nossa Senhora de Nazaré, São Luís do Maranhão  
Fonte: PIRES (2015).

Contudo, para tentar reverter este quadro, em alguns governos foram investidos recursos estaduais e federais em projetos de intervenção nas edificações. Alguns exemplares foram recuperados e atualmente são residências multifamiliares, abrigando famílias de classe média, mais especificamente funcionários públicos. Outros estão sendo usados para serviços e comércio ou instituições públicas, como é o caso do objeto de estudo.

Nessas intervenções, normalmente há necessidade de se fazer a recuperação estrutural do prédio e das suas coberturas. É nesse ponto se centra o estudo, pois normalmente este trabalho vem sendo realizado utilizando madeira. Sabe-se que a madeira é um material versátil, se adapta a qualquer utilização, possui inúmeras vantagens, mas é um material de fácil combustão, suscetível ao ataque de insetos (cupins), suas dimensões são limitadas, ocasionando o uso de um número maior de peças, sem mencionar a questão da manutenção. É também um material que atualmente depende do reflorestamento. Assim, o estudo centra suas preocupações no uso da estrutura metálica para as recuperações estruturais em edifícios históricos.

## 5.1 Recorte

O casarão da Rua do Giz n.º 93 foi escolhido por se ter participado do projeto de recuperação e modificação de uso para ser a Escola de Música da Universidade Estadual do Maranhão.

O projeto de Arquitetura foi executado pela Arquiteta Verônica P. Pires e os projetos de Recuperação Estrutural e de Instalações Prediais pelo autor deste projeto aplicado.

Os dados apresentados a seguir foram baseados nos memoriais entregues ao IPHAN pelos autores.

#### 5.1.1 Objeto

Trata-se de um sobrado colonial de esquina, inserido no polígono de tombamento federal do Conjunto Arquitetônico e Paisagístico da Cidade de São Luís/MA desde 1974, por meio do Processo n.º 0454-T-51 – Inscrito no Livro de Tombo de Belas Artes sob n.º 513 e a inscrição n.º 064 no Livro Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico, ambos em 13/03/1974. O imóvel está localizado na Rua 14 de julho n.º 93 esquina com Rua do Giz – Quadra 108 – Centro – São Luís do Maranhão. Insere-se ainda no Conjunto Histórico, Arquitetônico Paisagístico do Conjunto Urbano de São Luís tombado pelo Governo Estadual do Maranhão por meio do Decreto Estadual n.º 10.089 desde 1986, e na área inscrita na Lista do Patrimônio Mundial pela UNESCO desde 1997. De acordo com informações obtidas no Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, a construção foi iniciada provavelmente em 1820.

Na Figura 33 apresenta-se uma planta de localização onde se pode observar o enquadramento do edifício na malha urbana.

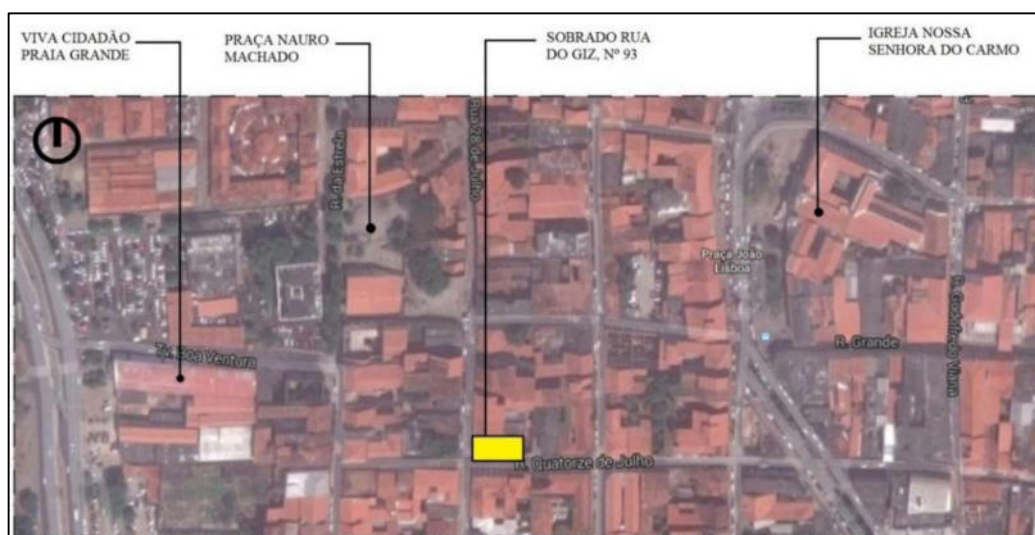


Figura 33 – Planta de localização do edifício  
Fonte: *Google Earth* (2015).

O prédio em estudo é denominado, de acordo com as tipologias arquitetônicas, como sendo um Sobrado. Conforme a sua volumetria, detalhes e características arquitetônicas os sobrados se destacam na paisagem do Centro Histórico, como construções de até quatro pavimentos. A maioria das edificações apresenta sacadas em pedra do tipo Lioz e outras com balcões corridos em toda a extensão de abertura dos vãos, que são guarnecidos por gradis de ferro com desenhos variados. Os sobrados tinham o uso misto. No piso térreo funcionava o comércio e dependências de serviço, nos demais pavimentos o uso era residencial. As dependências da parte posterior, sempre formada por avarandados corridos, protegidos por venezianas, estão voltadas para o pátio interno. Um bom número dessas edificações possui mirantes (pavimento que aproveita o desnível gerado pela inclinação do telhado) e revestimento de azulejos portugueses (e de outras origens) nas fachadas (ANDRÈS, 1998: pág. 38 e 39).

O edifício em estudo sediará o Curso de Música da Universidade Estadual do Maranhão. Trata-se de um sobrado de esquina com seus ambientes distribuídos em dois pavimentos. Possui forma retangular e área livre no final da edificação. Apresentam vãos em vergas retas e barrado liso de rodapé marcando o embasamento do prédio. As quinas com base e simulacro de capitel, lembram as ordens clássicas de origem renascentista, adotadas na arquitetura portuguesa.

As sacadas são dotadas de gradis metálicos e balcões em pedra de cantaria, típicos da arquitetura tradicional ludovicense.

Atualmente encontra-se uma mesclagem de tipologias de portas na edificação, as térreas são em madeira relhada com bandeiras fixas também elas em madeira relhada, as janelas do primeiro pavimento são em madeira com venezianas e vidro, apresentam também bandeiras em madeira e vidro, conforme apresentado na Figura 34. A maioria encontra-se deteriorada e com os vãos do pavimento superior vedados com alvenaria.

Na área livre, a entrada se dá através de um portão de ferro acessando diretamente a escada em curva para o segundo pavimento. A cobertura apresenta telha cerâmica, com águas voltadas para a Rua 14 de julho e Rua do Giz, tendo seu beiral arrematado por cimalha em argamassa de barro, cal e areia.



Figura 34 – Vista das fachadas do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho  
Fonte: IPHAN (1987).

A Figura 35 apresenta o desenho final da fachada do edifício em estudo, onde foram mantidas todas as características do edifício. As esquadrias serão recuperadas e as que necessitarem serão refeitas, atendendo as técnicas construtivas tradicionais.

A Figura 36 apresenta a planta baixa do pavimento térreo do edifício em estudo, demonstrando que nenhum vão foi modificado, respeitando a razão de cheios e vazios da fachada original.



Figura 35 – Fachada do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho  
Fonte: MARANHÃO (1987).



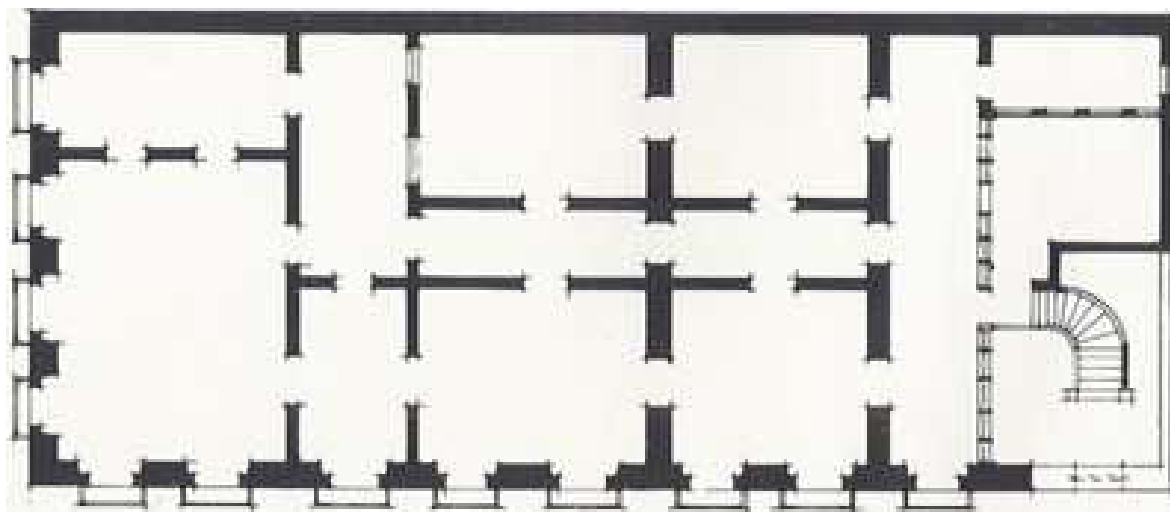


Figura 36 – Planta baixa do pavimento térreo do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho  
Fonte: MARANHÃO (1987).



Figura 37 – Vista parcial do Sobrado n.º 93 da Rua 14 de Julho  
Fonte: MARANHÃO (1987).

Ao comparar-se a fachada apresentada na Figura 34 com a apresentada na Figura 37, observa-se que houve modificações no pavimento térreo, a porta para acesso de veículos foi fechada.

De acordo com os estudos de Silva Filho (1985: pág. 33), as casas e sobrados urbanos na cidade de São Luís refletem as relações de produção e consumo decorrentes da época, bem como as adaptações do formalismo europeu e o meio tropical. Por essa razão foi fechado o acesso de veículos que facilitava o comércio em determinada época. Como o uso proposto em 1987 era de um albergue, justifica-se o fechamento do vão.



Percebe-se a influência portuguesa na distribuição dos espaços da casa desde a setorização do uso de cada edificação até o sistema construtivo passando inclusive pela implantação do edifício no lote.

Relativamente aos usos implantados no sobrado n.º 93 da Rua do Giz, apresenta-se a seguinte ficha cronológica:

Quadro 2 – Ficha cronológica do objeto de estudo

Fonte: Arquivo pessoal (2015).

DATA	PROPRIEDADE	PAVIMENTO TÉRREO	1º PAVIMENTO
Até 1973	Companhia James Clark (Parnaíba/PI)		
Em 04/11/1973	Edgar Torres dos Reis		
Em 12/12/1980	Empresa Maranhense de Turismo (MARATUR)		
Em 1987		Albergue da Juventude	Albergue da Juventude
Em 2001		Associação dos Aposentados do Maranhão	Desativado
De 2007-2013		Arquivo da Superintendência do Núcleo de Programas Especiais da Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural	Desativado
Desde 2015		Sem uso	Sem uso



Figura 38 – Vista das fachadas do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho  
Fonte: IPHAN (2002).



Figura 39 – Vista da fachada do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho  
Fonte: IPHAN (2002).



Figura 40 – Vista da fachada do prédio n.º 93 da Rua 14 de julho, portão de entrada para a escada que leva ao pavimento superior  
Fonte: IPHAN (2002).

Na Figura 38 à Figura 40 estão apresentados a situação das fachadas do edifício em estudo no ano de 2002. Os danos ainda eram insignificantes, necessitando somente de pequena

manutenção de pintura e algumas recuperações de reboco, principalmente nas molduras das esquadrias. No entanto, devido a negligência com o bem público, o imóvel atualmente se encontra bastante comprometido.

## 5.2 Análise tipológica e do sistema construtivo do Sobrado

O imóvel em estudo é um sobrado colonial que de acordo com os estudos de Andrès (1998: pág. 41) “... são sobrados residenciais erguidos pela alta burguesia do século XVIII que primavam pela suntuosidade e apuro no acabamento, apresentando portadas em pedras de cantaria, algumas de feições neoclássicas com frontões triangulares, balcões sinuosos, sacadas em pedra de lioz, com guarda-corpos em gradis de ferro forjado ou fundido, em desenhos apurados. Internamente, no pavimento térreo, um grande vestíbulo, com piso geralmente decorado em seixo de rio e pedra de lioz, dá acesso à escada principal que conduz aos pavimentos superiores, onde geralmente a família habita, pois o térreo era destinado a abrigo de carruagens e dependências de serviços”.

Construído em alvenaria de pedra e cal, madeira e telha de barro, com data de construção estimada no final do século XVIII. Possui dois pavimentos, sendo sua implantação em lote de esquina ocupando os limites. Apresenta pátio lateral com escada em concreto que permite o acesso ao pavimento superior, conforme apresentado na Figura 41.



Figura 41 – Planta baixa do pavimento térreo – 2015  
Fonte: PIRES (2015).

A planta baixa do pavimento superior, representada na Figura 42, configura a distribuição espacial deste pavimento. Possui varanda voltada para o pátio interno e quatro ambientes, sendo um para a chegada da escada interna.

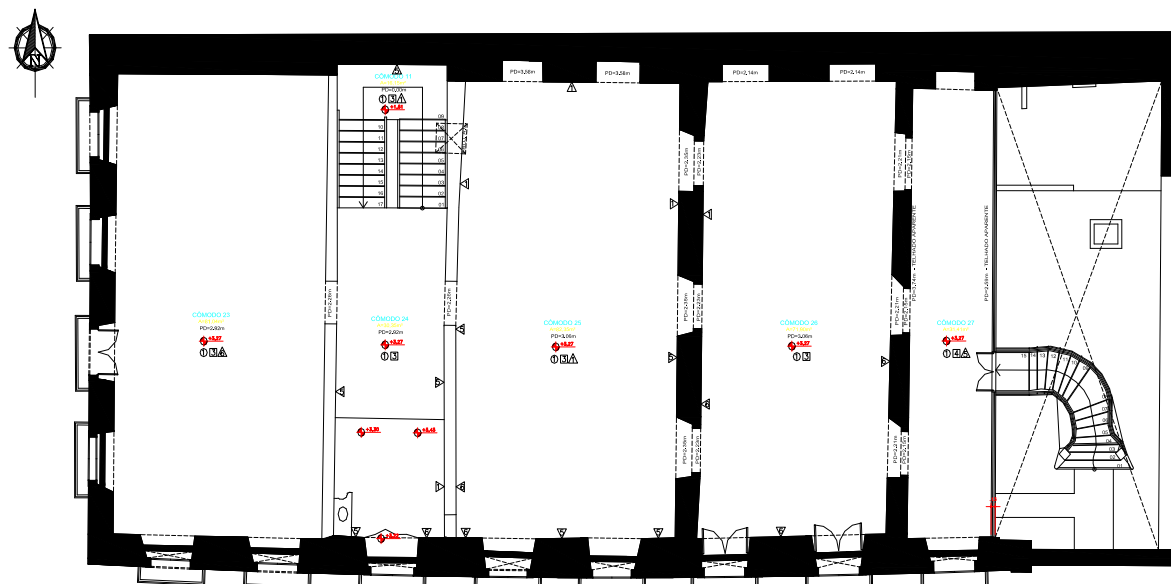


Figura 42 – Planta baixa do pavimento superior – 2015  
Fonte: PIRES (2015).

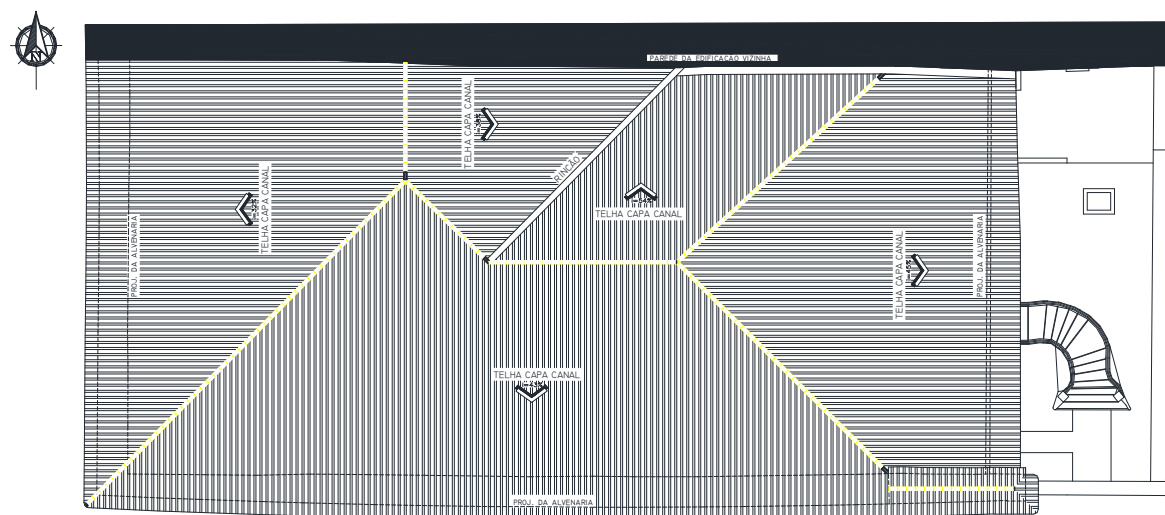


Figura 43 – Planta baixa da cobertura – 2015  
Fonte: PIRES (2015).

A cobertura se apresenta com divisão em 5 águas, conforme Figura 43, sendo duas águas voltadas para as ruas e as demais para o interior do terreno e vizinho.

### **5.3 Projeto de intervenção**

Com o intuito de abrigar o curso de Música da Universidade Estadual do Maranhão, o projeto contém soluções que recuperam a integridade arquitetônica do imóvel, mantendo ao máximo os elementos originais da edificação. Aproveitando toda área construída existente para adaptação ao novo uso.

Para tanto, lançou-se no pavimento térreo os ambientes com maior acesso de pessoas, tais como administração (01, 03, 04, 05 e 08), secretaria (07), sala de professores (06), cantina (16), banheiros (Instalações Sanitárias) (11, 12 e 13), auditório (09), biblioteca (02), laboratório de informática (10) e serviços de apoio ao curso (14 e 15) conforme ilustrado na Figura 44.

Conservaram-se os dois acessos para o pavimento superior, sendo uma escada posterior em concreto que será restaurada e a interna, por não ser a escada original e seu posicionamento desfavorecer o novo layout, será executada uma nova e reposicionada. Também será instalada uma plataforma elevatória, para garantir o acesso de pessoas com mobilidade reduzida ao primeiro pavimento. Como se pode observar na Figura 45, no andar superior, estão às salas de aula (19, 20, 23, 24 e 27) e o estúdio de gravação (25 e 26).

Serão utilizados revestimentos acústicos no piso, parede e teto, para que tenha uma resposta ainda mais efetiva para as aulas ali ministradas.

As esquadrias da fachada, que estiverem em condições de restauro, serão recuperadas e o restante, incluindo o avarandado, será executado de acordo com o modelo original do imóvel.

#### **5.3.1 Setorização**

No pavimento térreo, foram localizadas as salas administrativas e ambientes de uso comum, como recepção, auditório, biblioteca, sala de informática, xerox, cantina e banheiros, além de ambientes de serviço como depósito para materiais de limpeza e depósito geral conforme apresentado na Figura 44. Como se pode ver na Figura 45, no 1º pavimento, foram distribuídas as salas de aula, um estúdio de gravação e um depósito para materiais didáticos, além de área para vivência.



Para viabilizar a circulação vertical, serão implantadas uma escada na recepção e uma plataforma de percurso vertical com capacidade para até 250 kg. A escada externa existente deverá ser restaurada.



Figura 44 – Setorização do Pavimento Térreo  
Fonte: PIRES (2015).

- SALAS ADMINISTRATIVAS
- SALAS EDUCACIONAIS
- ÁREAS MOLHADAS
- ÁREAS COMUNS (CIRCULAÇÃO E VIVÊNCIA)
- DEPÓSITOS
- CIRCULAÇÃO VERTICAL

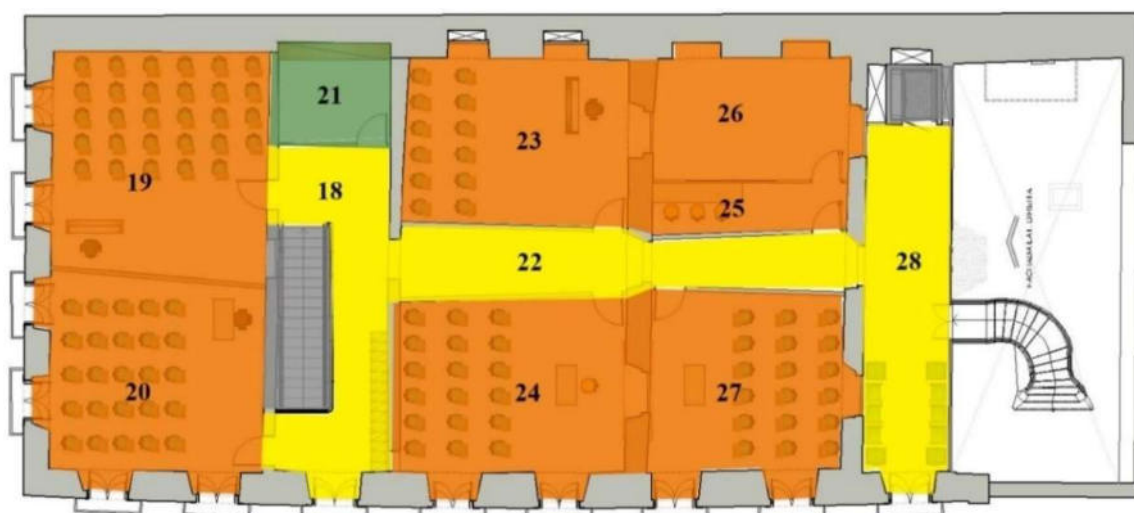


Figura 45 – Setorização do 1º Pavimento  
Fonte: PIRES (2015).

Quanto as fachadas, o prédio somente recebeu os reparos necessários. Percebe-se, observando a Figura 46, que o prédio não está tão deteriorado externamente. Conta-se com uma vegetação no manto da cobertura e algumas esquadrias danificadas. Pretende-se que após a recuperação total da edificação o edifício se apresente conforme as Figura 47 e Figura 48, tendo suas características arquitetônicas preservadas, como beirais, cimalkhas e gradis harmonizando com o conjunto urbano.



Figura 46 – Fachadas do edifício n.º 93 da Rua do Giz – condições antes da intervenção  
Fonte: Pires (2015).



Figura 47 – Fachada Lateral Direita – Perspectiva  
Fonte: PIRES (2015).



Figura 48 – Fachada da Rua 14 de Julho – Perspectiva  
Fonte: PIRES (2015).

### 5.3.2 Principais danos na estrutura da edificação

Quando do levantamento das condições existentes no objeto de estudo, além daqueles danos comumente encontrados em um edifício que há muito tempo se encontrava fechado, sem uso, provenientes da falta de manutenção preventiva, encontraram-se danos nos pilares, vigas de concreto e nos próprios barrotes que sustentam o assoalho.

A Figura 49 apresenta a planta do prédio com algumas indicações de danos. Existem 4 pilares, indicados em vermelho que precisam de recuperação, pois a ferragem encontra-se exposta, com indícios de oxidação. Estão em destaque também, algumas vigas que necessitam de reforço, pois a cobertura da ferragem soltou, colocando em risco a integridade da ferragem. Há também o comprometimento dos barrotes de madeira que sustentam o piso assoalhado, devido ao ataque de cupins e o próprio desgaste com o uso.



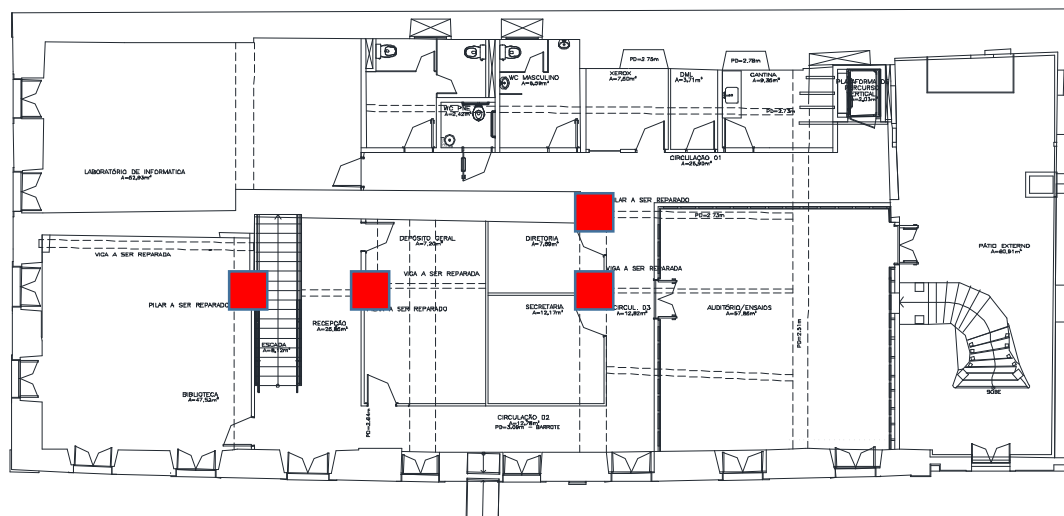


Figura 49 – Planta Baixa Térreo – Danos nas vigas e barroses  
Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Com relação às paredes (internas e externas), encontraram-se várias rachaduras e trincas. Na Figura 50 estão indicados com hachuras os principais danos das fachadas. São rachaduras e trincas com espessura significativa, necessitando de reparos pontuais.



Figura 50 – Danos nas fachadas  
Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Na Figura 51 está apresentando o detalhe genérico para recuperação dos danos das fachadas. A indicação 01 representa a área fissurada; 02 é uma rede de fibra de vidro anti alcalina tipo G120 da Weber (ou fabricante similar); 03 é a argamassa de recuperação Weber. Tec ou fabricante similar; 04 é o grampo de aço galvanizado Ø 8,00 mm com 45 cm a cada 15 cm (detalhe ao lado com as dimensões); 05 é o mastique de poliuretano da Sikadur 32; 06 é o substrato em alvenaria argamassada existente.

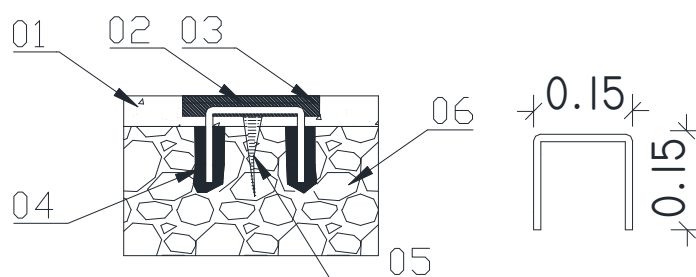
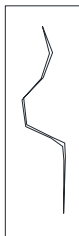
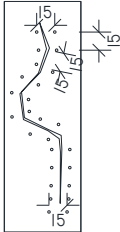
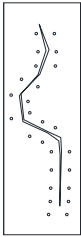
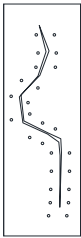
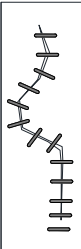
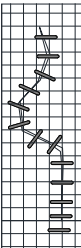


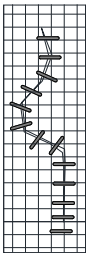
Figura 51 – Detalhe genérico para recuperação dos danos das fachadas  
Fonte: Arquivo pessoal (2015).

O processo de execução da reparação dos danos nas fachadas seguirá o percurso representado no Quadro 3. Ressalta-se que em todas as atividades apresentadas a equipe de execução deverá utilizar equipamento de proteção individual.

Quadro 3 – Fases do processo de reparação dos danos nas fachadas  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

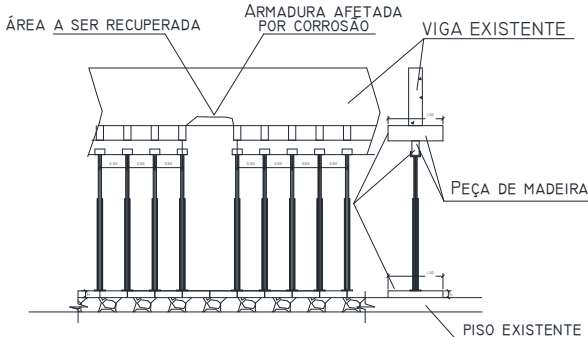
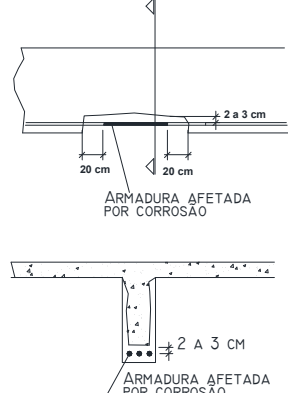
Representação	Descrição
	FASE 1 – Retirar o reboco da área degradada e limpar a fenda.

	<p>FASE 2 – Marcar e furar a alvenaria a cada 15 cm no desenvolvimento da rachadura e 7,5 cm do eixo da mesma, com broca de Ø 120,5 e 15 cm de profundidade.</p>
	<p>FASE 3 – Proceder com a limpeza do local utilizando bomba de ar e escova.</p>
	<p>FASE 4 – Preencher a fenda com mastique de poliuretano. Como este material contém uma pequena quantidade de solvente inflamável, recomenda-se trabalhar com boa ventilação, não fumar e utilizar os equipamentos individuais de proteção adequadas.</p> <p>Antes da aplicação do produto, deve ser consultada a ficha de dados de segurança fornecida pelo fabricante.</p> <p>Não deve ser aplicado o material em superfícies úmidas e após a aplicação o local deve ficar protegido da água.</p> <p>Uma vez ocorrida a cura do material, este só poder ser removido por ação mecânica.</p>
	<p>FASE 5 – Grautear os grampos com Sikadur 32</p>
	<p>FASE 6 – Aplicar a rede de fibra de vidro com fixadores galvanizados.</p>

	<p>FASE 7 – Utilizar novo revestimento com argamassa Weber.cal ou fabricante similar – cal hidráulica natural, cal hidratada e ligante pozolânico, cargas minerais, fibras e adjuvantes específicos.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Na parte interna da edificação encontram-se danos nas vigas, mas antes de iniciar-se a recuperação dos danos, deve-se remover o piso tabuado e os barrotes, deixando as vigas livres para a recuperação conforme as seguintes indicações apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Fases do processo de reparação das vigas  
Fonte: (Arquivo pessoal (2017))

Representação	Descrição
	<p>FASE 1 – Escorar as vigas que apoiam no pilar, deixando a área afetada livre para acesso.</p> <p>Usar escoras sob peça de madeira de seção 3” x 6”, espaçadas longitudinalmente a cada 50 cm.</p> <p>Executar a recuperação no máximo em 1 m de comprimento de viga, podendo fazer vários tramos por vez sendo intercalados com o escoramento.</p>
	<p>FASE 2 – Remover todo o concreto em volta da armadura afetada por corrosão. Escarificar até a profundidade de 2 a 3 cm após a malha de armaduras existente. Retirar as partes do concreto afetadas pela corrosão da armadura até atingir 20 cm de armadura sem corrosão no sentido longitudinal, conforme Figura 52.</p> <p>Remover toda corrosão da armadura afetada com uso de escovão de aço. Aplicar Armatec ZN em toda armadura exposta.</p>

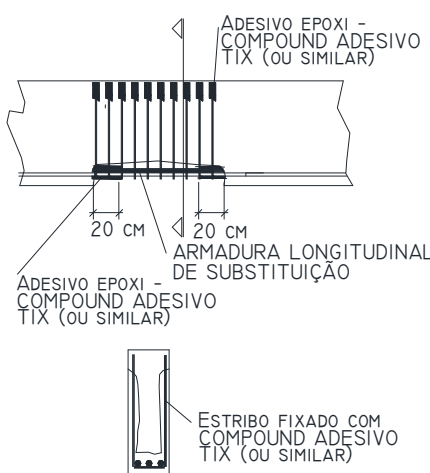
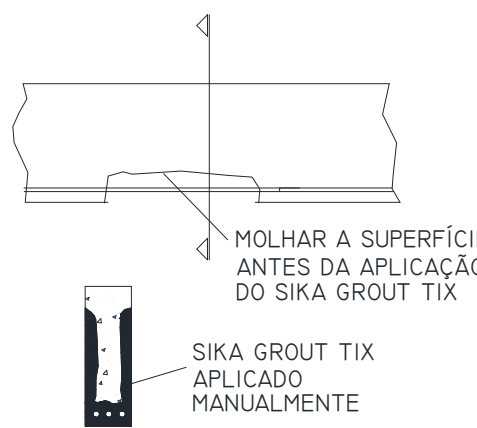
	<p><b>FASE 3</b> – Furar o concreto existente e aplicar o segmento de estribo em forma de “U”, usando Compound Adesivo Tix como base colante. Os estribos serão de 5 mm de diâmetro a cada 15 cm de espaçamento. Eles devem penetrar na superfície da viga a uma profundidade igual ou superior a 8 cm.</p> <p>Caso a armadura longitudinal esteja descontinuada ou tenha sofrido perda de seção superior a 10%, deve-se substituir a armadura por outra de igual diâmetro.</p> <p><b>NOTA:</b> O estribo complementar só deverá ser utilizado se o estribo existente estiver comprometido por corrosão.</p>
	<p><b>FASE 4</b> – Limpar a superfície de concreto para que fique isenta de pó ou partes soltas. Lavar toda a superfície do concreto com água em abundância. Aplicar Sika Grout Tix com o auxílio de colher de pedreiro de forma semelhante a aplicação de reboco, com a superfície molhada. Usar Sika Superfix diluído na proporção de 1:4 na água de amassamento do Sika Grout Tix. Proceder cura por 3 dias e remover o escoramento no 4º dia após a concretagem.</p>



Figura 52 – Detalhe genérico dos cortes no concreto para expor a armadura com corrosão  
Fonte: Arquivo pessoal (2015).

No que se refere à escada externa, encontrou-se no local uma situação muito grave. Conforme apresentado na Figura 53 aparentemente a escada não parece danificada, contudo quando se observa com mais atenção encontram-se danos graves. Estes danos podem-se observar na Figura 54. Como se pode constatar na Figura 55 o fundo da laje, que sustenta os



degraus, está bastante danificado, apresentando descolamento de reboco, e de recobrimento das armaduras, em alguns locais e em outros as ferragens da laje estão expostas conforme Figura 56.



Figura 53 – Vista lateral da escada externa  
Fonte: Arquivo pessoal (2015).



Figura 54 – Vista da escada externa – lateral e fundo da laje  
Fonte: Arquivo pessoal (2015).



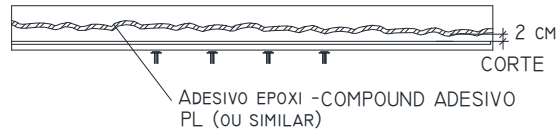
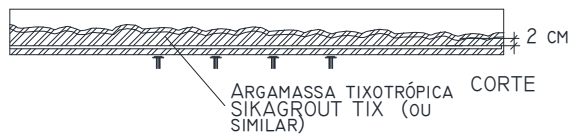
Figura 55 – Fundo da laje da escada externa – dano grave no reboco  
Fonte: Arquivo pessoal (2015).



Figura 56 – Fundo da laje da escada externa – ferragem exposta  
Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Para proceder com a recuperação estrutural da escada primeiramente interditou-se a escada para uso e posterior escoramento da laje a ser reforçada com escoras de madeira de lei com seção de 7,5 x 7,5 cm, depois seguiram-se as seguintes etapas apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Etapas do processo de reparação da escada  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Representação	Descrição
 <p>2 CM CORTE ARMADURA AFETADA POR CORROSÃO</p>	<p>FASE 1 – Remover todo concreto em volta da armadura da laje.</p> <p>Escarificar até a profundidade de 2 cm após a malha de armaduras existente.</p> <p>Retirar as partes do concreto afetadas pela corrosão da armadura até atingir 20 cm de armadura sem corrosão no sentido longitudinal.</p>
 <p>2 CM CORTE APLICAR ARMATEC ZN</p>	<p>FASE 2 – Escovar toda a armadura longitudinal com escovão de aço até a remoção completa da corrosão. Depois lavar o local para remoção do pó residual. Aguardar a secagem completa e aplicar Armatec ZN na armadura limpa e seca.</p> <p>Caso haja perda de mais de 10% da seção do aço substituir a armadura por outra de mesmo diâmetro.</p>
 <p>2 CM CORTE ACRESCENTAR ARMADURA DE REFORÇO. CASO NECESSÁRIO ADESIVO EPOXI - COMPOUND ADESIVO PL (OU SIMILAR) DETALHE GANCHO 7 4 Ø5MM - 11CM</p>	<p>FASE 3 – No caso de substituição da armadura por outra de mesmo diâmetro e mesmo espaçamento, deve-se fixar a nova armadura em ganchos a serem pré-fixados na laje. Os ganchos devem ser fixados por meio de adesivo epóxi. A profundidade de fixação deve ser de 3 cm, devendo a laje ser previamente furada. O espaçamento dos ganchos deve ser a cada duas barras existentes nas duas direções. Deixar um acréscimo de ferragem para permitir a emenda com a próxima fase de substituição.</p>
 <p>2 CM CORTE ADESIVO EPOXI - COMPOUND ADESIVO PL (OU SIMILAR)</p>	<p>FASE 4 – Limpar a superfície de concreto para que fique isenta de pó ou partes soltas. Usar Compound PL e aplicar com pincel em toda a superfície já limpa.</p>
 <p>2 CM CORTE ARGAMASSA TIXOTRÓPICA SIKAGROUT TIX (OU SIMILAR)</p>	<p>FASE 5 – Aplicar argamassa Tixotrópica tipo Sikagrout Tix com uma colher de pedreiro, de forma similar a aplicação de reboco. Aguardar 1 dia para iniciar o procedimento na faixa seguinte (80 cm de largura). Realizar o acabamento de pedreiro no final de todas as faixas.</p>

Este projeto de recuperação das vigas e escada foi apresentado e aprovado pelo IPHAN para recuperação do edifício para uso futuro pela escola de Música da Universidade Estadual do Maranhão.

A seguir inicia-se o estudo comparativo do uso da madeira e do aço na recuperação estrutural deste edifício, considerando que a trama de barrotes que sustenta o piso tabuado é uma das possibilidades de travamento das paredes, portanto a inclusão deste projeto no escopo de recuperação estrutural.

## **5.4 Recuperação estrutural**

Para a recuperação estrutural para receber o piso tabuado do edifício em estudo o cálculo foi realizado por meio do *software* TRICALC 10.0 – Cálculo espacial de estruturas tridimensionais da Arktec 2017, versão 10.0.1, licença 3568/2006. O programa realiza o cálculo utilizando parâmetros de cálculo compostos de variáveis, tais como: cargas, ventos, sismos, sobrecargas, neve entre outras ações.

### **5.4.1 Recuperação estrutural utilizando a madeira**

Por se tratar de um edifício histórico onde a aplicação de piso de madeira é recorrente, foram utilizados barrotes de madeira engastados nas paredes e sobre eles foram fixadas as tábuas do piso. A Figura 57 ilustra, em linhas gerais, a disposição das vigas de madeira, utilizadas como barrotes para sustentação do piso.



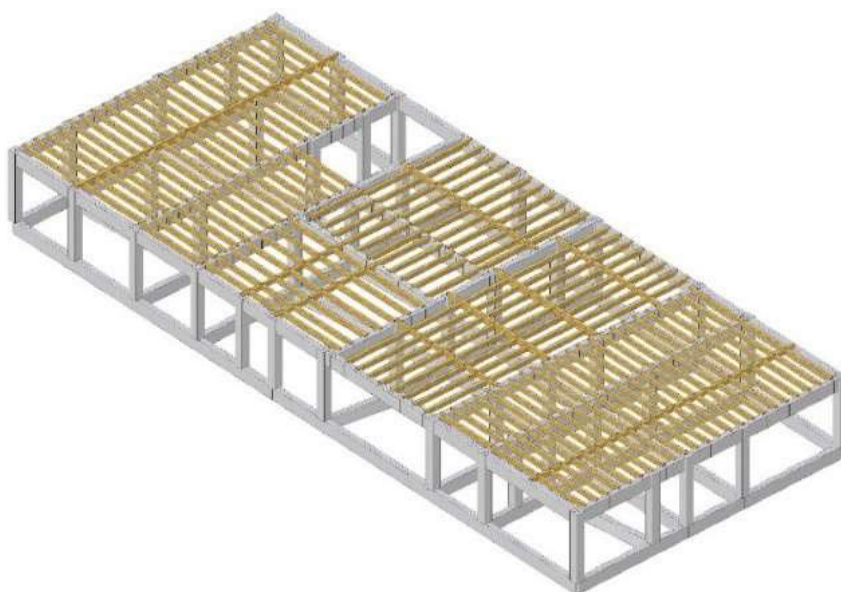


Figura 57 – Malha estrutural do piso tabuado do pavimento superior  
Fonte: Arquivo pessoal (2015).

#### 5.4.1.1 Regulamentação

Basicamente todas as regulamentações a respeito das estruturas são regidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio das Normas Brasileiras (NBR). Para o cálculo deste projeto aplicado utilizaram-se as seguintes NBR:

Quadro 6 – Normas utilizadas para o cálculo  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Ações:	ABNT NBR 6120:1980, ABNT NBR 8681:2003
Vento:	NBR 6123:1988
Concreto:	ABNT NBR 6118:2014
Madeira:	AF&PA/ASCE Standard 16-95

O Quadro 7 apresenta os parâmetros de cálculo utilizados.

Quadro 7 – Parâmetros do cálculo  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

01	Método de cálculo dos esforços	Alta performance
02	Opções de cálculo	Indeformabilidade de todas as lajes horizontais no seu plano
03	Consideração do tamanho do pilar em lajes nervuradas e lajes maciças	Realiza-se um cálculo elástico de 1ª. Ordem

#### 5.4.1.2 Ações

De acordo com a NBR 8681 (2003), as ações são causas que provocam esforços ou deformações nas estruturas. Do ponto de vista prático, as forças e as deformações impostas pelas ações são consideradas como se fossem as próprias ações. As deformações impostas são designadas por ações indiretas e as forças, por ações diretas.

Têm-se como ações nas estruturas: vento, peso próprio, carga de utilização, cargas permanente, cargas acidentais entre outras ações (ABNT NBR 6118, 2014: pág. 61). O *software* TRICALC utiliza hipóteses para determinar as ações, e são numeradas de 0 a 24 para determinar o tipo de ação, conforme indicado no Quadro 8, agrupadas por tipo.

Quadro 8 – Tipos de cargas

Fonte: Arquivo pessoal (2017).

NH	Nome	Tipo	Descrição
0	G	Permanentes	Permanentes
1	Q1	Sobrecargas	Sobrecargas
2	Q2	Sobrecargas	Sobrecargas
7	Q3	Sobrecargas	Sobrecargas
8	Q4	Sobrecargas	Sobrecargas
9	Q5	Sobrecargas	Sobrecargas
10	Q6	Sobrecargas	Sobrecargas
3	W1	Vento	Vento
4	W2	Vento	Vento
25	W3	Vento	Vento
26	W4	Vento	Vento
21	T	Sem definir	Temperatura
23	Dp	Sem definir	Deslocamento

No Quadro 9 apresentam-se os coeficientes de majoração (combinações normais / excepcionais) utilizados no cálculo.

Quadro 9 – Coeficientes de majoração

Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Tipo	Hip.	Concreto		Aço		Outros	
		Norm.	Excep.	Norm.	Excep.	Norm.	Excep.
Ações permanentes	0	1,40	1,20	1,40	1,20	0,00	0,00
Ações alternativas	1	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00
	2	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00
	7	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00
	8	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00
	9	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00
	10	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00

Tipo	Hip.	Concreto		Aço		Outros	
		Norm.	Excep.	Norm.	Excep.	Norm.	Excep.
Ações de vento não simultâneas	3	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00
	4	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00
	25	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00
	26	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00
Ações móveis não consideradas no cálculo							
Ação da temperatura	21	1,20	0,00	1,20	1,00	0,00	0,00
Ação da neve	22	1,40	1,00	1,40	1,00	0,00	0,00
Deslocamentos impostos	23	1,20	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00

Para cada carga majorada o programa TRICALC utiliza a fatorização de ações – ASCE/SEI 7-10, segundo as normas da ABNT.

#### 5.4.1.3 Opções de ações

No cálculo realizado para a estrutura utilizaram-se as seguintes opções de ações: o Sentido do Vento (W) foi ativado, o Sismo (E) foi ativado e considerou-se o peso próprio das barras. Na Figura 58 estão representadas as combinações e fatores de ações utilizadas pelo *software* TRICALC. Os índices aqui expostos são definidos pelo próprio programa, levando em consideração a norma americana ASCE/SEI 7 – 10 para madeira.

ASCE/SEI 7-10: Fatores de ação e combinações

Fatores de ação: Resistência (E.L.U.)

1  D

2  (D + T) +  L +  S

3  D +  S + ( L ó  W)

4  D ±  W +  L +  S

5  D ±  E +  L +  S

6  D ±  W

7  D ±  E

Fatores de ação: Serviço (E.L.S.)  
(Comentários ao Apêndice C de ASCE/SEI 7-10)

CC-1a  D +  L

CC-1b  D +  S

CC-2  D +  L

CC-3  (D + T) +  L +  W

D: Ações permanentes, Hipóteses 0

L: Sobrecargas, Hipóteses 1,2,9,10,11 a 20 e 21

W: Vento, Hipóteses 3,4,25 e 26

E: Sismo, Hipóteses 5,6,7,8 e 24

S: Neve, Hipóteses 22

T: Temperatura, Hipóteses 21

Figura 58 – Fatores de ação e combinação  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

#### 5.4.1.4 Reologia da madeira

De acordo com os estudos de Melo (2010: pág. 26 ), reologia é um ramo da mecânica que estuda as deformações em função da resistência do material a ser utilizado. No caso da madeira, Melo considerou em seus estudos os parâmetros de cálculo dos estados limites de utilização, o “estudo da fluidez” da madeira. Nos cálculos deste projeto aplicado, a Figura 59 apresenta os parâmetros em relação a resistência da madeira e a Figura 60 os parâmetros em relação a deformação da madeira.

REOLOGIA DA MADEIRA: RESISTÊNCIA

Material	Madeira
Combinações	
1. 1.40·D	0.60
2. 1.20·(D+T) + 1.60·L + 0.50·S	0.80
3. 1.20·D + 1.60·S + (0.50·L + 0.80·W)	0.80
4. 1.20·D ± 1.60·W + 0.50·L + 0.50·S	1.00
5. 1.20·D ± 1.40·E + 0.50·L + 0.20·S	1.00
6. 0.90·D ± 1.60·W	1.00
7. 0.90·D ± 1.40·E	1.00

Aceitar Cancelar

Figura 59 – Fatores de resistência para reologia da madeira  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

REOLOGIA DA MADEIRA: DEFORMAÇÃO

Material	Madeira
Combinações	
CC-1a. 1.00·D + 1.00·L	1.00
CC-1b. 1.00·D + 0.50·S	1.00
CC-2. 1.00·D + 0.50·L	1.30
CC-3. 1.00·(D+T) + 0.50·L + 0.70·W	1.00

Aceitar Cancelar

Figura 60 – Fatores de deformação para reologia da madeira  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

O programa utilizado necessita para proceder com o cálculo estrutural, que haja a inserção de parâmetros em relação as opções de ações de vento. No caso deste projeto aplicado, optou-se pelos parâmetros a seguir.

Direção 1:

Vetor direção: 1,00; 0,00; 0,00

Hipótese: 3

Pressão dinâmica de vento,  $q$  (kg/m<sup>2</sup>): 110

Direção 2:

Vetor direção: 0,00; 0,00; 1,00

Hipótese: 4

Pressão dinâmica de vento,  $q$  (kg/m<sup>2</sup>): 110

Direção 3:

Vetor direção: -1,00; 0,00; 0,00

Hipótese: 25

Pressão dinâmica de vento,  $q$  (kg/m<sup>2</sup>): 110

Direção 4:

Vetor direção: 0,00; 0,00; -1,00

Hipótese: 26

Pressão dinâmica de vento,  $q$  (kg/m<sup>2</sup>): 110

Modo de divisão pontual em nós

Superfície atuante: Fachada

#### 5.4.1.5 Materiais da estrutura

O material utilizado para a estrutura foi Madeira Serrada M16, com as características apresentadas no Quadro 10. Para este projeto foi escolhida a massaranduba, pertencente a família das Sapotaceae, de cor rosada, extremamente dura e resistente, muito utilizada em estruturas para pisos e coberturas.

Quadro 10 – Resistência da Madeira

Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Resistência à flexão:	326,2 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à tração paralela:	229,4 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à compressão paralela:	295,6 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistência ao esforço cortante:	38,7 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à tração perpendicular:	5,1 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à compressão perpendicular:	33,6 Kg/cm <sup>2</sup>

Para o cálculo foram considerados os coeficientes de minoração apresentados a seguir e as porcentagens de cargas atuantes conforme o Quadro 11.

$\tau_c=0,900000$  (Compressão)

$\tau_t=0,800000$  (Tração)

$\tau_b=0,850000$  (Flexão)

$\tau_v=0,750000$  (Cortante)

Quadro 11 – Porcentagem das cargas atuantes  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

70%	Peso estrutura (ações Permanentes)
20%	Alvenaria (ações Permanentes)
0%	Alvenaria (ações de Sobrecarga)
50%	Sobrecarga a longo prazo

Foram consideradas as opções de comprovação de perfis de madeira, utilizando cálculo de 1ª ordem sem consider os coeficientes de amplificação.

Vigas:

Yp Comprova-se flambagem c/ nós fixos

Zp Comprova-se flambagem c/ nós fixos

Pilares:

Yp Comprova-se flambagem c/ nós fixos

Zp Comprova-se flambagem c/ nós fixos

Diagonais:

Yp Comprova-se flambagem c/ nós fixos

Zp Comprova-se flambagem c/ nós fixos

Quadro 12 – Índices de Esbeltez  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Máxima esbelteza à compressão:	250
Máxima esbelteza à tração:	250

Comprova-se Flambagem por Bambeamento.

Intervalo de comprovação 30 cm

Fator de humidade: 1,00

Vãos:

Comprovação da flecha instantânea total:

- Flecha relativa  $L / 350$

Comprovação de flecha ativa:

- Flecha relativa  $L / 400$

Comprovação da flecha diferida total:

- Flecha relativa  $L / 300$

Consolas:

Comprovação da flecha instantânea total:

- Flecha relativa  $L / 350$

Comprovação de flecha ativa:

- Flecha relativa  $L / 400$

Comprovação da flecha diferida total:

- Flecha relativa  $L / 300$

Não se considera deformação por esforço cortante

Não se comprova como barra curva de madeira laminada.

#### 5.4.1.6 Comprovação da resistência nas barras

A comprovação da resistência nas barras é demonstrada por meio de porcentagens da resistência de cada barra em função das dimensões e material utilizado. A porcentagem representa a capacidade de carga utilizada em cada peça. Estes valores são apresentados no ANEXO 2. Para melhor ilustrar o posicionamento de cada viga no ANEXO 1 está representada graficamente a planta baixa com a localização e identificação das vigas em estudo.

#### 5.4.1.7 Orçamento da estrutura em madeira

Vale ressaltar que para o orçamento da estrutura dos barrotes de piso, sendo executada em madeira serrada, optou-se pela madeira massaranduba, pois é a mais adequada para este tipo de uso e por ser de fácil acesso no mercado. Para o orçamento utilizou-se o programa Orcafascio.



O Quadro 13 apresenta o orçamento para recuperação da estrutura em barrotes com a utilização de madeira. Neste cálculo não estão incluídas as despesas com Bonificações e Despesas Indiretas (BDI) e devem ser observadas as seguintes legendas:

- B.D.I – Bonificação e despesas indiretas;
- Und – Unidade de medida do material;
- Quant. – Quantidade de material a ser orçada;
- Valor Unit. – Valor por cada unidade de material quantificado;
- M.O. – Valor da mão de obra;
- MAT – Valor do material.

Quadro 13 – Orçamento em madeira  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Descrição do Orçamento		B.D.I.		Encargos Sociais						
MESTRADO EM PORTUGAL MADEIRA		0,00%		0,0% - Não Desonerada						
Planilha Orçamentária Sintética										
Item	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI			Total Geral		
					M.O.	MAT	Total	M.O.	MAT.	Total
6	ESTRUTURA DE MADEIRA MASSARANDUBA PARA PISO - VIGAS 15X30 CM²	M	25,56	191,74	12,53	179,21	191,74	320,26	4.580,61	4.900,87
7	ESTRUTURA DE MADEIRA MASSARANDUBA PARA PISO - VIGAS 15X20 CM²	M	698,00	132,04	12,53	119,51	132,04	8.745,94	83.417,98	92.163,92
							Totais ->	9.066,20	87.998,59	97.064,79
							Total sem BDI	R\$ 97.064,79		
							Total do BDI	R\$ 0,00		
							Total Geral	R\$ 97.064,79		

O Quadro 14 e o Quadro 15 apresentam o orçamento por metro linear de estrutura de madeira que será utilizada como viga (barrotes) no piso e devem ser observadas as seguintes legendas:

- B.D.I – Bonificação e despesas indiretas;
- Und – Unidade de medida do insumo;
- Quant. – Quantidade de insumo a ser orçada;
- Valor Unit. – Valor por cada unidade de insumo quantificado;
- LS – Leis sociais.

Quadro 14 – Composições analíticas do custo da madeira por metro linear – vigas 15 x 30 cm  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

<b>Composição 6</b>	<b>ESTRUTURA DE MADEIRA MASSARANDUBA PARA PISO - VIGAS 15X30 CM</b>	<b>M</b>					
<b>Mão de Obra</b>							
<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Und</b>	<b>Valor Unit</b>	<b>Quant.</b>	<b>Total</b>		
Insumo	AJUDANTE DE CARPINTEIRO (SGSP)	H	17,32	0,3995536	6,92		
Insumo	CARPINTEIRO DE FORMAS	H	14,04	0,3995536	5,61		
					<b>Sub-Total -&gt;</b>		<b>12,53</b>
<b>Material</b>							
<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Und</b>	<b>Valor Unit</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Total</b>		
Insumo	PREGO 18 X 27 COMUM - POLIDO	Kg	5,74	0,02	0,11		
Insumo	MASSARANDUBA	m³	3.980,00	0,045	179,10		
					<b>Sub-Total -&gt;</b>		<b>179,21</b>
<b>Totais</b>							
					<b>Total Sem LS</b>		<b>R\$ 191,74</b>
					<b>LS Horista</b>	<b>0,0%</b>	<b>R\$ 0,00</b>
					<b>Total Com LS</b>		<b>R\$ 191,74</b>
					<b>BDI</b>	<b>0,0%</b>	<b>R\$ 0,00</b>
					<b>Total com BDI</b>		<b>R\$ 191,74</b>

Quadro 15 – Composições analíticas do custo da madeira por metro linear – vigas 15 x 20 cm  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

<b>Composição 7</b>	<b>ESTRUTURA DE MADEIRA MASSARANDUBA PARA PISO - VIGAS 15X20 CM</b>	<b>M</b>					
<b>Mão de Obra</b>							
<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Und</b>	<b>Valor Unit</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Total</b>		
Insumo	AJUDANTE DE CARPINTEIRO (SGSP)	H	17,32	0,3995536	6,92		
Insumo	CARPINTEIRO DE FORMAS	H	14,04	0,3995536	5,61		
					<b>Sub-Total -&gt;</b>		<b>12,53</b>
<b>Material</b>							
<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Und</b>	<b>Valor Unit</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Total</b>		
Insumo	PREGO 18 X 27 COMUM - POLIDO	Kg	5,74	0,02	0,11		
Insumo	MASSARANDUBA	m³	3.980,00	0,03	119,40		
					<b>Sub-Total -&gt;</b>		<b>119,51</b>
<b>Totais</b>							
					<b>Total Sem LS</b>		<b>R\$ 132,04</b>
					<b>LS Horista</b>	<b>0,0%</b>	<b>R\$ 0,00</b>
					<b>Total Com LS</b>		<b>R\$ 132,04</b>
					<b>BDI</b>	<b>0,0%</b>	<b>R\$ 0,00</b>
					<b>Total com BDI</b>		<b>R\$ 132,04</b>

#### 5.4.2 Recuperação estrutural utilizando aço

Outra opção para a recuperação estrutural do objeto deste projeto aplicado foi a utilização do aço como matéria prima para a estrutura. Da mesma maneira optou-se pela utilização do programa TRICALC 10.0 – Cálculo espacial de estruturas tridimensionais da Arktec 2017, versão 10.0.1, licença 3568/2006. O programa realiza o cálculo utilizando parâmetros de cálculo compostos de variáveis, tais como: cargas, ventos, sismos, sobrecargas, neve entre outras ações.

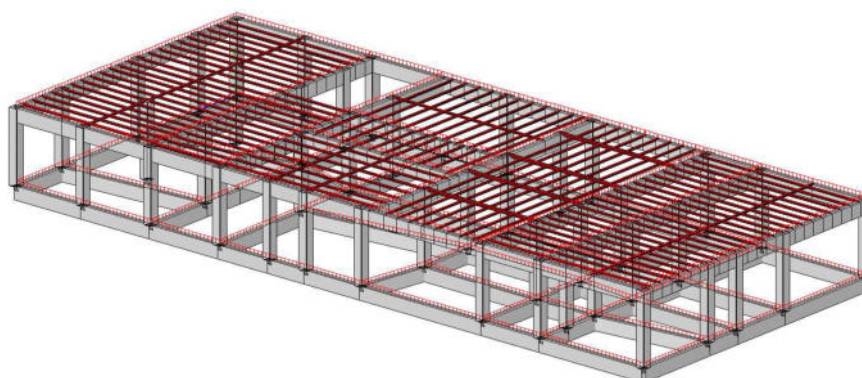


Figura 61 – Perspectiva da distribuição da malha metálica para sustentação do piso tabuado  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

A Figura 61 demonstra, em linhas gerais, a disposição dos perfis metálicos (malha metálica) utilizados como vigas para sustentação do piso tabuado. Em relação as ligações dos diversos perfis foram consideradas ligações soldadas e constante na composição de custo da planilha orçamentária.

##### 5.4.2.1 Regulamentação

Basicamente todas as regulamentações a respeito das estruturas são regidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio das Normas Brasileiras (NBR). Para o cálculo deste projeto aplicado utilizaram-se as seguintes NBR:

Quadro 16 – Normas utilizadas  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Ações:	ABNT NBR 6120:1980, ABNT NBR 8681:2003
Vento:	NBR 6123:1988
Concreto:	ABNT NBR 6118:2014
Aço:	ABNT NBR 8800:2008, ABNT NBR 14762:2010

O Quadro 17 apresenta os parâmetros de cálculo utilizados.

Quadro 17 – Parâmetros do cálculo  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

01	Método de cálculo dos esforços	Alta performance
02	Opções de cálculo	Indeformabilidade de todas as lajes horizontais no seu plano
03	Consideração do tamanho do pilar em lajes nervuradas e lajes maciças	Realiza-se um cálculo elástico de 1ª. Ordem

#### 5.4.2.2 Ações

Da mesma maneira que definiu-se quais as ações incidem na estrutura de madeira, utilizou-se para a estrutura em aço, pois, de acordo com a NBR 8681 (2003), as ações são causas que provocam esforços ou deformações nas estruturas. Do ponto de vista prático, as forças e as deformações impostas pelas ações são consideradas como se fossem as próprias ações. As deformações impostas são por vezes designadas por ações indiretas e as forças, por ações diretas.

Tem-se como ações nas estruturas: vento, peso próprio, carga de utilização, cargas permanente, cargas acidentais entre outras ações (ABNT NBR 6118, 2014: pág. 61). O *software* TRICALC utiliza hipóteses para determinar as ações, e estão numeradas de 0 a 24 para determinar o tipo de ação, conforme indicado no Quadro 18, agrupados por tipo.

Quadro 18 – Tipos de cargas  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

NH	Nome	Tipo	Descrição
0	G	Permanentes	Permanentes
1	Q1	Sobrecargas	Sobrecargas
2	Q2	Sobrecargas	Sobrecargas
7	Q3	Sobrecargas	Sobrecargas
8	Q4	Sobrecargas	Sobrecargas
9	Q5	Sobrecargas	Sobrecargas
10	Q6	Sobrecargas	Sobrecargas
3	W1	Vento	Vento
4	W2	Vento	Vento
25	W3	Vento	Vento
26	W4	Vento	Vento
22	S	Neve	Neve
21	T	Sem definir	Temperatura
23	Dp	Sem definir	Deslocamento

No Quadro 19 apresentam-se os coeficientes de majoração (combinações normais / excepcionais) utilizados no cálculo.

Quadro 19 – Coeficientes de majoração

Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Tipo	Hip.	Concreto		Aço		Outros	
		Norm.	Excep.	Norm.	Excep.	Norm.	Excep.
Ações permanentes	0	1,40	1,20	1,40	1,20	0,00	0,00
Ações Alternativas	1	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00
	2	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00
	7	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00
	8	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00
	9	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00
	10	1,40	1,00	1,50	1,00	1,40	1,00
Ações de vento não simultâneas	3	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00
	4	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00
	25	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00
	26	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00
Ações móveis não ativadas							
Ação da temperatura	21	1,20	0,00	1,20	1,00	0,00	0,00
Ação da neve	22	1,40	1,00	1,40	1,00	0,00	0,00
Deslocamentos Impostos	23	1,20	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00

Para cada carga majorada o programa TRICALC utiliza essa fatorização de ações – ASCE/SEI 7-10, segundo as normas da ABNT.

No Quadro 20 apresenta-se os tipos de ações e os coeficientes utilizados nas composições das ações atuantes na estrutura.

Quadro 20 – Ações e coeficientes para o cálculo

Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Tipo de ação	y0	y1	y2
Sobrecargas	0,50	0,40	0,30
Móveis	0,50	0,40	0,30
Vento	0,60	0,30	0,00
Neve	0,00	0,00	0,00
Temperatura	0,00	0,00	0,00
Deslocamento	0,00	0,00	0,00

O programa utilizado necessita para proceder com o cálculo estrutural, que haja a inserção de parâmetros em relação as opções de ações de vento, no caso deste Projeto Aplicado, optou-se pelos parâmetros a seguir.

Direção 1:

Vetor direção: 1,00; 0,00; 0,00

Hipótese: 3

Pressão dinâmica de vento,  $q$  (kg/m<sup>2</sup>): 110

Direção 2:

Vetor direção: 0,00; 0,00; 1,00

Hipótese: 4

Pressão dinâmica de vento,  $q$  (kg/m<sup>2</sup>): 110

Direção 3:

Vetor direção: -1,00; 0,00; 0,00

Hipótese: 25

Pressão dinâmica de vento,  $q$  (kg/m<sup>2</sup>): 110

Direção 4:

Vetor direção: 0,00; 0,00; -1,00

Hipótese: 26

Pressão dinâmica de vento,  $q$  (kg/m<sup>2</sup>): 110

Modo de divisão pontual em nós

Superfície actuante: Fachada

#### 5.4.3 Materiais

Como existem danos significativos nas vigas existentes, e principalmente na escada externa, optou-se pelo uso do concreto armado, uma vez que foi o material utilizado originalmente. O concreto armado seguirá as seguintes especificações:

Concreto:	C30 306 Kg/cm <sup>2</sup>
Aço nervurado:	CA-50 5098 Kg/cm <sup>2</sup>

Coeficientes de minoração

Concreto:	Normal 1,40
Aço:	Normal 1,15

Perfis Metálicos: AR-350

Limite elástico:	3569 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensão de rotura:	4589 Kg/cm <sup>2</sup>

No modelo apresentado na Figura 62 foi incluída uma viga suplementar para melhor distribuição do contraventamento da estrutura.

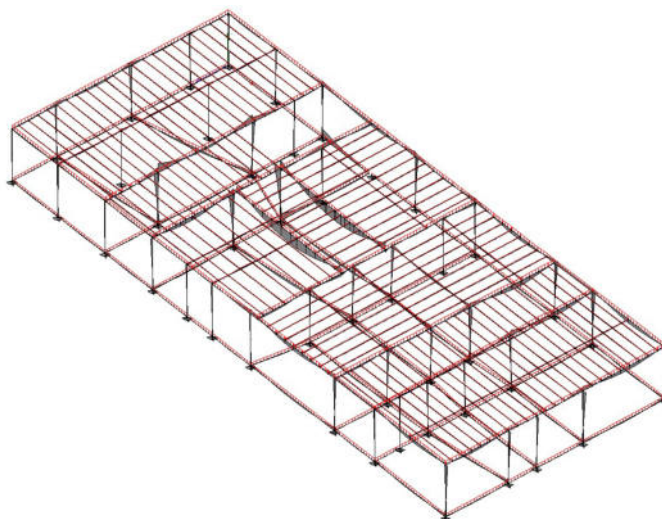


Figura 62 – Momentos fletores  
Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Coefficientes de minoração: 1,10; 1,35

Como se pode observar na Figura 62, o programa fornece uma ilustração na qual estão apresentados os momentos fletores em cada perfil metálico. Neste diagrama se pode analisar quais peças estão sendo mais solicitadas e proceder com os ajustes para equilibrar a estrutura.

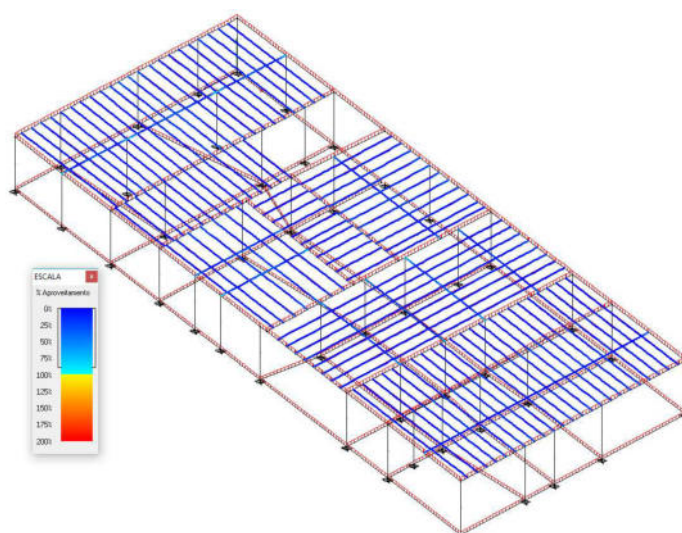


Figura 63 – Tensões no Aço  
Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Do mesmo modo a Figura 63 apresenta as tensões no aço.



#### 5.4.4 Comprovação da resistência nas barras

A comprovação da resistência nas barras é demonstrada por meio de porcentagens da resistência de cada barra em função das dimensões e material utilizado. A porcentagem representa a capacidade de carga utilizada em cada peça é apresentada no ANEXO 4. Para melhor ilustrar o posicionamento de cada viga no ANEXO 3 está representada graficamente a planta baixa com a localização e identificação das vigas em estudo.

#### 5.4.5 Orçamento da estrutura de aço

Para a recuperação estrutural utilizando aço optou-se pelo aço laminado AÇOMINAS, em perfis “U”, após a comparação da estrutura executada com perfis laminados “I”, sendo a relação custo benefício maior com a utilização dos perfis “U”. Para o orçamento utilizou-se o programa Orcafascio.

O Quadro 21 apresenta o orçamento para recuperação estrutural dos barrotes utilizando perfis em aço. Neste cálculo não estão incluídas as despesas com Bonificações e Despesas Indiretas (BDI) e devem ser observadas as seguintes legendas:

- B.D.I – Bonificação e despesas indiretas
- Und – Unidade de medida do insumo
- Quant. – Quantidade de insumo a ser orçada
- Valor Unit. – Valor por cada unidade de insumo quantificado.
- LS – Leis sociais.

Quadro 21 – Orçamento em aço  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Descrição do Orçamento		B.D.I.			Encargos Sociais					
MESTRADO EM PORTUGAL EM AÇO		0,0%			0,0% - Não Desonerada					
Planilha Orçamentária Sintética										
Item	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI			Total Geral		
					M.O.	MAT	Total	M.O.	MAT.	Total
1	ESTRUTURA METÁLICA EM AÇO ESTRUTURAL PERFIL I LAMINADO AÇOMINAS 101,6	kg	5.459,06	12,89	3,88	9,01	12,89	21.181,15	49.186,13	70.367,28
2	ESTRUTURA METÁLICA EM AÇO ESTRUTURAL PERFIL I LAMINADO AÇOMINAS 152,4	kg	292,13	16,96	3,88	13,08	16,96	1.133,46	3.821,06	4.954,52
							Totais ->	22.314,61	53.007,19	75.321,80
							Total sem BDI	R\$ 75.321,80		
							Total do BDI	R\$ 0,00		
							Total Geral	R\$ 75.321,80		

Os Quadro 22 e Quadro 23 apresentam o orçamento por metro linear da estrutura utilizando perfis em aço na confecção das vigas que serão utilizadas como sustentação do piso tabuado, e devem ser observadas as seguintes legendas:

- B.D.I – Bonificação e despesas indiretas
- Und – Unidade de medida do insumo
- Quant. – Quantidade de insumo a ser orçada
- Valor Unit. – Valor por cada unidade de insumo quantificado.
- LS – Leis sociais.

Quadro 22 – Composições analíticas do custo do aço estrutural perfil “I” laminado Açominas 101,6  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Composição 1	ESTRUTURA METÁLICA EM AÇO ESTRUTURAL PERFIL I LAMINADO AÇOMINAS 101,6	KG				
Equipamento						
Item	Descrição	Und	Quant.	Total		
Insumo	GRUPO DE SOLDAGEM C/ GERADOR A DIESEL 60 CV PARA SOLDA ELETRICA, SOBRE 04 RODAS, COM MOTOR 4 CILINDROS	UN	0,0000009	0,09		
Insumo	CARRINHO DE MAO DE ACO CAPACIDADE 50 A 60 L, PNEU COM CAMARA	UN	0,000215	0,02		
Insumo	ESMERILHADEIRA ANGULAR ELETRICA, DIAMETRO DO DISCO 7 " (180 MM), ROTACAO 8500 RPM, POTENCIA 2400 W	UN	0,0000219	0,02		
Insumo	LIXADEIRA ELETRICA ANGULAR, PARA DISCO DE 7 " (180 MM), POTENCIA DE 2.200 W, *5.000* RPM, 220 V	UN	0,0000143	0,01		
Insumo	LUVA RASPA DE COURO, CANO CURTO (PUNHO *7* CM)	PAR	0,0044431	0,03		
Insumo	TRAVA-QUEDAS EM ACO PARA CORDA DE 12 MM, EXTENSOR DE 25 X 300 MM, COM MOSQUETAO TIPO GANCHO TRAVA DUPLA	UN	0,0002329	0,02		
				Sub-Total ->		0,20
Mão de Obra						
Item	Descrição	Und	Coeficiente	Total		
Insumo	SOLDADOR	H	0,0271291	0,38		
Insumo	SERRALHEIRO	H	0,1507173	2,00		
Insumo	SERVENTE	H	0,1518821	1,50		
				Sub-Total ->		3,88
Material						
Item	Descrição	Und	Coeficiente	Total		
Insumo	PERFIL "I" DE ACO LAMINADO, "I" 102 X 12,7	M	0,15	8,12		
Insumo	ELETRODO REVESTIDO AWS - E6013, DIAMETRO IGUAL A 4,00 MM	KG	0,0047486	0,09		
Insumo	OLEO DIESEL COMBUSTIVEL COMUM	L	0,0235945	0,08		

Insumo	BALDE PLASTICO CAPACIDADE *10* L	UN	0,0025935	0,02		
Insumo	BOLSA DE LONA PARA FERRAMENTAS *50 X 35 X 25* CM	UN	0,0000876	0,01		
Insumo	ESCADA DUPLA DE ABRIR EM ALUMINIO, MODELO PINTOR, 8 DEGRAUS	UN	0,0000665	0,01		
Insumo	ESCADA EXTENSIVEL EM ALUMINIO COM 6,00 M ESTENDIDA	UN	0,0000143	0,01		
Insumo	FITA CREPE ROLO DE 25 MM X 50 M	UN	0,0029338	0,02		
Insumo	LINHA DE PEDREIRO LISA 100 M	UN	0,0008831	0,01		
Insumo	REDUTOR TIPO THINNER PARA ACABAMENTO	L	0,000489	0,01		
Insumo	ROLO DE ESPUMA POLIESTER 23 CM (SEM CABO)	UN	0,000489	0,00		
Insumo	ROLO DE LA DE CARNEIRO 23 CM (SEM CABO)	UN	0,000489	0,01		
Insumo	SELADOR HORIZONTAL PARA FITA DE AÇO 1 "	UN	0,0000175	0,00		
Insumo	AVENTAL DE SEGURANCA DE RASPA DE COURO 1,00 X 0,60 M	UN	0,0008561	0,02		
Insumo	BOTA DE SEGURANCA COM BIQUEIRA DE AÇO E COLARINHO ACOLCHOADO	PAR	0,0005179	0,02		
Insumo	PROTETOR SOLAR FPS 30, EMBALAGEM 2 LITROS	UN	0,0004012	0,06		
Insumo	RESPIRADOR DESCARTAVEL SEM VALVULA DE EXALACAO, PFF 1	UN	0,0360658	0,04		
Insumo	TALABARTE DE SEGURANCA, 2 MOSQUETOES TRAVA DUPLA *53* MM DE ABERTURA, COM ABSORVEDOR DE ENERGIA	UN	0,0003478	0,04		
				Sub-Total ->		8,56
Serviços						
Item	Descrição	Und	Coeficiente	Total		
Insumo	TRANSPORTE - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) (COLETADO CAIXA)	H	0,323497	0,14		
				Sub-Total ->		0,14
Taxas						
Item	Descrição	Und	Coeficiente	Total		
Insumo	SEGURO - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) (COLETADO CAIXA)	H	0,323497	0,01		
				Sub-Total ->		0,01
Outros						
Item	Descrição	Und	Coeficiente	Total		
Insumo	ALIMENTACAO - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) (COLETADO CAIXA)	H	0,323497	0,00		
Insumo	EXAMES - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) (COLETADO CAIXA)	H	0,323497	0,12		
				Sub-Total ->		0,12
Totais						
				Total Sem LS		R\$ 12,91
				LS Horista	0,0%	R\$ 0,00
				Total Com LS		R\$ 12,89
				BDI	0,0%	R\$ 0,00
				Total com BDI		R\$ 12,89

Quadro 23 – Composições analíticas do custo do aço estrutural perfil “I” laminado Açominas 152,4  
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Composição 2	ESTRUTURA METÁLICA EM AÇO ESTRUTURAL PERFIL I LAMINADO AÇOMINAS 152,4	KG				
Equipamento						
Item	Descrição	Und	Coeficiente	Total		
Insumo	GRUPO DE SOLDAGEM C/ GERADOR A DIESEL 60 CV PARA SOLDA ELETRICA, SOBRE 04 RODAS, COM MOTOR 4 CILINDROS	UN	0,0000009	0,09		
Insumo	CARRINHO DE MAO DE ACO CAPACIDADE 50 A 60 L, PNEU COM CAMARA	UN	0,000215	0,02		
Insumo	ESMERILHADEIRA ANGULAR ELETRICA, DIAMETRO DO DISCO 7 " (180 MM), ROTACAO 8500 RPM, POTENCIA 2400 W	UN	0,0000219	0,02		
Insumo	LIXADEIRA ELETRICA ANGULAR, PARA DISCO DE 7 " (180 MM), POTENCIA DE 2.200 W, *5.000* RPM, 220 V	UN	0,0000143	0,01		
Insumo	LUVA RASPA DE COURO, CANO CURTO (PUNHO *7* CM)	PAR	0,0044425	0,03		
Insumo	TRAVA-QUEDAS EM ACO PARA CORDA DE 12 MM, EXTENSOR DE 25 X 300 MM, COM MOSQUETAO TIPO GANCHO TRAVA DUPLA	UN	0,0002329	0,02		
				Sub-Total ->		0,20
Mão de Obra						
Item	Descrição	Und	Coeficiente	Total		
Insumo	SOLDADOR	H	0,0271291	0,38		
Insumo	SERRALHEIRO	H	0,1507173	2,00		
Insumo	SERVENTE	H	0,1518821	1,50		
				Sub-Total ->		3,88
Material						
Item	Descrição	Und	Quant.	Total		
Insumo	PERFIL "I" DE ACO LAMINADO, "I" 152 X 22	M	0,1307	12,19		
Insumo	ELETRODO REVESTIDO AWS - E6013, DIAMETRO IGUAL A 4,00 MM	KG	0,0047479	0,09		
Insumo	OLEO DIESEL COMBUSTIVEL COMUM	L	0,0235911	0,08		
Insumo	BALDE PLASTICO CAPACIDADE *10* L	UN	0,0025932	0,02		
Insumo	BOLSA DE LONA PARA FERRAMENTAS *50 X 35 X 25* CM	UN	0,0000876	0,01		
Insumo	ESCADA DUPLA DE ABRIR EM ALUMINIO, MODELO PINTOR, 8 DEGRAUS	UN	0,0000665	0,01		
Insumo	ESCADA EXTENSIVEL EM ALUMINIO COM 6,00 M ESTENDIDA	UN	0,0000143	0,01		
Insumo	FITA CREPE ROLO DE 25 MM X 50 M	UN	0,0029334	0,02		
Insumo	LINHA DE PEDREIRO LISA 100 M	UN	0,000883	0,01		
Insumo	REDUTOR TIPO THINNER PARA ACABAMENTO	L	0,0004889	0,01		

Insumo	ROLO DE ESPUMA POLIESTER 23 CM (SEM CABO)	UN	0,0004889	0,00		
Insumo	ROLO DE LA DE CARNEIRO 23 CM (SEM CABO)	UN	0,0004889	0,01		
Insumo	SELADOR HORIZONTAL PARA FITA DE ACO 1 "	UN	0,0000175	0,00		
Insumo	AVENTAL DE SEGURANCA DE RASPA DE COURO 1,00 X 0,60 M	UN	0,0008559	0,02		
Insumo	BOTA DE SEGURANCA COM BIQUEIRA DE ACO E COLARINHO ACOLCHOADO	PAR	0,0005178	0,02		
Insumo	PROTETOR SOLAR FPS 30, EMBALAGEM 2 LITROS	UN	0,0004012	0,06		
Insumo	RESPIRADOR DESCARTAVEL SEM VALVULA DE EXALACAO, PFF 1	UN	0,0360605	0,04		
Insumo	TALABARTE DE SEGURANCA, 2 MOSQUETOES TRAVA DUPLA *53* MM DE ABERTURA, COM ABSORVEDOR DE ENERGIA	UN	0,0003477	0,04		
				Sub-Total ->		12,63
Serviços						
Item	Descrição	Und	Coeficiente	Total		
Insumo	TRANSPORTE - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) (COLETADO CAIXA)	H	0,3234498	0,14		
				Sub-Total ->		0,14
Taxas						
Item	Descrição	Und	Coeficiente	Total		
Insumo	SEGURO - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) (COLETADO CAIXA)	H	0,3234498	0,01		
				Sub-Total ->		0,01
Outros						
Item	Descrição	Und	Coeficiente	Total		
Insumo	ALIMENTACAO - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) (COLETADO CAIXA)	H	0,3234498	0,00		
Insumo	EXAMES - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) (COLETADO CAIXA)	H	0,3234498	0,12		
				Sub-Total ->		0,12
Totais						
				Total Sem LS		R\$ 16,98
				LS Horista	0,0%	R\$ 0,00
				Total Com LS		R\$ 16,96
				BDI	0,0%	R\$ 0,00
				Total com BDI		R\$ 16,96

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES

## 6 CONCLUSÃO

O objetivo da pesquisa era propor a utilização de estruturas em aço como possível solução para recuperação estrutural de edifícios em centros históricos. Identificaram-se várias patologias no prédio em estudo, que foram relatadas no capítulo 3, sendo a de maior incidência o ataque de fungos e cupim levando a ruína das peças de madeira, nelas incluídas os barrotes de sustentação do piso tabuado, o madeiramento do telhado, esquadrias, forros e guarda-corpo.

Atualmente, no Centro Histórico de São Luís, são poucos os prédios que foram recuperados com a utilização do aço. A maioria utiliza a troca das peças estruturais por outras do mesmo material, ou seja, a madeira. Embora de difícil acesso, pois não se tem no mercado ludovicense peças com as dimensões necessárias, ainda se opta por este material. Sabe-se que as edificações em áreas históricas, principalmente aquelas que se encontram inseridas no perímetro de preservação federal, devem seguir alguns critérios quando de intervenções. Não devem ser modificadas as fachadas e nem a volumetria do edifício, as distribuições internas não devem incidir em paredes estruturais entre outras orientações dadas pelas instituições de salvaguarda do patrimônio. Com relação aos materiais e sistemas construtivos, ainda há certa resistência quando se tenta inserir materiais mais vantajosos com relação ao curto tempo de execução, como o caso do aço, sem contar que com o uso do aço para recuperação estrutural o impacto na natureza é bem menor, a manutenção se torna menos onerosa entre outras vantagens. Com relação a proteção do aço deve-se fazer o lixamento da peça e aplicação de fundo preparador (primer) e pintura antioxidante, o que garantirá maior durabilidade da peça.

Diante do exposto, esta pesquisa apresenta um estudo, no qual compara a recuperação estrutural de um edifício sendo realizada em madeira e aço. Após os ensaios, verificou-se que em valores absolutos, o valor da mão de obra na estrutura em aço é maior do que a estrutura em madeira, mas no total geral da recuperação estrutural percebe-se que com a utilização do aço há uma economia significativa na obra (Quadro 24). A diferença entre os materiais utilizados nas estruturas é de R\$ 34.991,40, encontrada nos orçamentos para uma área de 347,79 m<sup>2</sup>, chegando aos valores por metro quadrado, conforme apresentado no Quadro 25.



Com esses resultados pode-se propor a utilização do aço para restaurações e/ou restauro de estruturas em edifícios históricos.

Quadro 24 – Orçamento da recuperação estrutural

Fonte: Arquivo pessoal (2017).

TIPO	MÃO DE OBRA R\$	%	MATERIAL R\$	%	TOTAL R\$
MADEIRA	9.066,20	9,34	87.998,59	90,66	97.064,79
AÇO	22.314,61	29,63	53.007,19	70,37	75.321,80

Quadro 25 – Custo de construção da estrutura por m<sup>2</sup>

Fonte: Arquivo pessoal (2017).

TIPO	CUSTO / M <sup>2</sup>
MADEIRA	279,09
AÇO	216,57

No decorrer do desenvolvimento deste projeto aplicado conseguiu-se chegar ao resultado que o aço tem mais vantagens no uso de recuperações. Está cada vez mais difícil se encontrar madeira legalizada nas dimensões necessárias para as recuperações. O autor, como projetista, já trabalhou em projetos que foram necessárias peças com 60 a 80 cm de altura para atender as novas utilizações dadas ao prédio, como o executado no Solar dos Vasconcelos, Rua da Estrela 572, Centro Histórico de São Luís no Maranhão.

O aço é um material totalmente reciclável possibilitando o não uso de madeira nativa. Utilizando aços especiais tipo CORTEN, que é composto com ligas de cobre, níquel cromo e outros metais tem-se um aço excelente para utilização em atmosferas marinhas, como é o caso de São Luís, obtendo recuperações estruturais muito mais duráveis. Outra opção seria a utilização de aço galvanizado, principalmente em peças de telhado que já são produzidas por empresas como a Gerdau, o que facilita em muito seu uso. Além disso tem-se na utilização do aço a redução em mão de obra e desperdícios com perdas e menor geração de resíduos sólidos.

Os impactos da utilização do aço nas recuperações serão significativos, tanto na área de preservação de florestas, no quantitativo de resíduo sólido que será menor devido as peças serem pré-fabricadas e chegarem ao canteiro prontas para instalação, e no custo mais baixo como comprovado no estudo.

Um dos fatores observados na causa da falta de manutenção nas edificações, principalmente nas particulares, é o alto custo da madeira. Com o uso ao aço poderá haver mais prédios recuperados com custo mais baixo.

Outro fator, que normalmente não é levado em conta nos orçamentos, é a mão de obra que tem que ser especializada em recuperação de edificações históricas para que se tenha um resultado esperado, hoje cada vez mais difícil de se encontrar.

Nesse sentido, este Projeto Aplicado produziu um conjunto de conhecimentos a respeito do uso do aço em recuperação de estruturas em edifícios históricos, apresentando os caminhos para futuras pesquisas.

O estudo demonstrou a eficiência do uso do aço como técnica construtiva aplicada em áreas de interesse histórico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Livros

ANDRÈS, L. (org.). **Centro Histórico de São Luís – Maranhão: Patrimônio Mundial**. São Paulo: Audichromo Editora, 1998.

BRASIL. Ministério da Cultura. Instituto do Programa Monumenta. **Manual de Elaboração de Projetos de preservação do patrimônio cultural**. Brasília: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 2005.

CHOAY, F. **A alegoria do patrimônio**. Tradução de Luciano Vieira Machado. São Paulo: Estação Liberdade: Editora UNESP, 2006.

CURY, I (org.). Cartas Patrimoniais. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. 2ª edição. Rio de Janeiro: IPHAN, 2000.

LIENCHTENSTEIN, N. **Patologias das Construções**. Boletim Técnico 06/86. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1986.

LOPES, J. (Coord.). **São Luís Ilha do Maranhão e Alcântara: guia de arquitetura e paisagem**. Ed. Bilingüe. Sevilla: Consejería de Obras Públicas y Transportes, Dirección de Arquitectura y Vivenda, 2008.

MEIRELES, M. **História do Maranhão**. 4ª Ed. Revisada. Imperatriz, MA: Ética, 2008. 376 p.

SÃO LUÍS. Prefeitura Municipal de São Luís. **Legislação Urbanística Básica de São Luís**. São Luís, 1997.

SÃO LUÍS. Prefeitura Municipal de São Luís. **Plano Diretor de São Luís**. São Luís, 2006.

TINOCO, J. **Mapa de Danos – recomendações básicas**. Texto para discussão. V.43, Série 2 – Gestão de Restauro. Centro Avançado de Estudos em Conservação. Olinda, 2009.

### Artigos em periódicos disponíveis na Internet

COLIN, S. **Técnicas Construtivas do período colonial I**. Disponível em [www.ceap.br/mat/MAT020992011153107.pdf](http://www.ceap.br/mat/MAT020992011153107.pdf). (2010). Acedido em dezembro de 2017.

COLIN, S. **Técnicas Construtivas do período colonial II**. Disponível em [www.ceap.br/mat/MAT020992011153107.pdf](http://www.ceap.br/mat/MAT020992011153107.pdf). (2010). Acedido em dezembro de 2017.

MELO, R; DEL MENEZZI, C. **Comportamento reológico da madeira e derivados**. Ciência da Madeira, Pelotas - RS, v. 01, n. 01, p. 25-40, abr. 2010. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/revistas/index.php/cienciadamadeira/article/view/8/cienciadamadeira1v1a3>>. Acedido em: 11 maio 2016.

### Pesquisas, Dissertações e Teses

CAMPOS, L. **Técnicas de Recuperação e Reforço estrutural com Estruturas de Aço**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Programa de Pós-

Graduação em Engenharia Civil (PGE CIV). Rio de Janeiro, 2006.

CARVALHO, M. **O centro histórico na dinamização das cidades. O centro histórico do Porto.** Dissertação de Mestrado em Riscos, cidades e ordenamento do território, variante políticas urbanas 2010/2011, disponível em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57334/2/MJRFINAL16SET20111000145276.pdf>. Setembro de 2011. Acedido em dezembro de 2017.

FERREIRA, J. **Técnicas de Diagnóstico de Patologias em Edifícios.** Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil – 2008/2009 – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010 – 108p.

MARQUES, M. **Condições de Habitabilidade no Centro Histórico de São Luís-MA:** Estudo das atividades comerciais e de serviços necessárias e das atividades incompatíveis. Dissertação de Mestrado em Urbanismo. Universidade Federal de Pernambuco, Mestrado em Desenvolvimento Urbano (MDU), 2002 – 91p; Il.

#### Comunicações em jornadas, seminários e congressos

SILVA, J. **Políticas Públicas no Centro Histórico de São Luís:** as etapas do processo de intervenções urbanísticas. IV Jornada Internacional de Políticas Públicas da Universidade Federal do Maranhão. Disponível em [www.livrozilla.com/download/887368](http://www.livrozilla.com/download/887368). Maio de 2017.

VARUM, H., COSTA A., VELOSA, A., MARTINS, T., PEREIRA, H. e ALMEIDA, J. **Caracterização mecânica e patológica das construções em adobe no distrito de Aveiro como suporte em intervenções de reabilitação.** Painel 2: Análise e Patologias. Convento de Orada, Monsaraz. Portugal, 2005.

#### Outros

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas Procedimento.** Rio de Janeiro, 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. Ministério da Cultura. **Lei n.º 12.343, de 2 de dezembro de 2010.** Institui o Plano Nacional de Cultura. Disponível em <http://pnc.cultura.gov.br/lei-do-plano>. Maio de 2018.

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). **Portaria n.º 420, de 22 de dezembro de 2010.** Brasília, 2010.

PIRES, V. **Memorial Descritivo do Prédio da Rua da Estrela, n.º 93 – Centro Histórico de São Luís/MA.** 2015.

PRADO, B., MARQUES, M., MARQUES, M. e FIGUEIREDO, M. **Apostila para o curso de extensão em análise de projetos de arquitetura e obras de intervenção em centros históricos.** Curso ministrado para os funcionários do DPHAP-MA, 2002.

## ANEXOS

**ANEXO 1 – Planta baixa de localização das vigas em recuperação estrutural  
utilizando madeira**



**ANEXO 2 – Comprovação da resistência das vigas em recuperação estrutural utilizando madeira**

<b>NÚMERO</b>	<b>SEÇÃO (cm x cm)</b>	<b>COMPRIMENTO (cm)</b>	<b>TAXA DE UTILIZAÇÃO</b>
VIGA 107	15X40	60,0	40,8%
VIGA 113	15X20	152.5	19.3%
VIGA 115	15X30	152.4	22.9%
VIGA 117	15X30	152.3	22.6%
VIGA 119	15X30	152.3	24.3%
VIGA 121	15X30	152.2	29.5%
VIGA 123	15X30	305.0	19.2%
VIGA 125	15X30	305.7	16.5%
VIGA 127	15X30	306.4	17.6%
VIGA 129	10X20	306.0	16.6%
VIGA 131	15X30	305.6	17.8%
VIGA 133	15X30	305.3	12.6%
VIGA 142	15X40	43.5	8.5%
VIGA 145	15X30	203.3	19.7%
VIGA 147	15X30	199.1	19.2%
VIGA 149	15X30	202.1	21.2%
VIGA 151	15X30	199.1	18.4%
VIGA 153	15X30	201.0	18.3%
VIGA 155	15X30	199.2	13.4%
VIGA 157	15X30	199.8	12.0%
VIGA 158	15X30	199.2	6.0%
VIGA 159	15X30	284.6	11.2%
VIGA 161	15X30	270.2	15.9%
VIGA 163	15X30	269.3	14.9%
VIGA 164	15X40	58.0	4.6%
VIGA 166	15X30	352.8	19.3%
VIGA 167	15X30	152.5	9.2%
VIGA 168	15X30	353.8	17.3%
VIGA 169	15X40	60.0	33.5%
VIGA 170	15X30	353.8	17.3%
VIGA 171	15X30	283.9	11.1%
VIGA 173	15X30	271.3	16.5%
VIGA 175	15X30	152.7	11.9%
VIGA 176	15X40	58.0	3.5%
VIGA 177	15X30	70.0	14.5%
VIGA 178	15X30	352.3	19.7%
VIGA 179	15X30	152.5	9.2%
VIGA 180	15X30	354.3	16.8%
VIGA 181	15X40	60.0	17.8%
VIGA 182	15X30	353.8	17.3%
VIGA 183	15X30	70.0	5.7%
VIGA 184	15X30	152.1	9.6%
VIGA 185	15X30	70.0	9.6%
VIGA 186	15X30	70.0	13.6%
VIGA 187	15X30	152.7	11.9%
VIGA 188	15X30	152.7	10.7%
VIGA 189	15X30	70.0	14.5%
VIGA 190	15X30	152.6	11.5%

NÚMERO	SEÇÃO (cm x cm)	COMPRIMENTO (cm)	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 191	15X30	152.5	9.2%
VIGA 192	15X30	283.2	10.7%
VIGA 194	15X30	272.4	15.9%
VIGA 196	15X30	269.3	16.6%
VIGA 197	15X40	58.7	4.0%
VIGA 198	15X30	127.0	8.1%
VIGA 199	15X30	352.7	19.4%
VIGA 200	15X30	60.0	8.4%
VIGA 201	15X30	1354.9	16.3%
VIGA 202	15X40	60.0	8.4%
VIGA 204	15X30	79.5	33.6%
VIGA 206	15X30	65.4	20.9%
VIGA 207	10X20	325.0	12.1%
VIGA 208	15X30	65.4	17.5%
VIGA 209	15X30	325.0	9.0%
VIGA 210	15X30	65.4	14.7%
VIGA 211	15X30	325.0	5.2%
VIGA 212	15X30	65.4	13.7%
VIGA 213	15X30	325.0	2.9%
VIGA 214	15X30	65.4	17.1%
VIGA 215	15X30	325.0	4.5%
VIGA 216	15X30	65.4	19.2%
VIGA 217	15X30	325.0	8.2%
VIGA 218	15X30	65.4	21.0%
VIGA 219	15X30	325.0	11.0%
VIGA 220	15X30	61.1	39.2%
VIGA 221	15X30	325.1	12.4%
VIGA 223	15X30	283.2	10.7%
VIGA 225	15X30	272.8	15.8%
VIGA 227	15X30	269.3	16.6%
VIGA 228	15X40	58.7	4.4%
VIGA 230	15X30	352.6	21.8%
VIGA 232	15X30	355.4	17.5%
VIGA 233	15X40	60.0	5.2%
VIGA 235	15X30	283.2	11.6%
VIGA 237	15X30	273.2	15.9%
VIGA 239	15X30	269.3	16.9%
VIGA 240	15X40	58.7	4.5%
VIGA 242	15X30	352.4	22.6%
VIGA 244	15X30	355.0	18.8%
VIGA 245	15X40	60.0	6.2%
VIGA 247	15X30	70.0	5.8%
VIGA 248	15X30	70.0	6.6%
VIGA 249	15X30	256.1	6.1%
VIGA 252	15X30	70.0	16.4%
VIGA 253	15X30	252.6	7.1%
VIGA 254	15X30	70.0	15.0%
VIGA 255	15X30	253.3	10.0%
VIGA 256	15X30	70.0	12.6%
VIGA 257	15X30	254.0	8.1%
VIGA 258	15X30	254.7	6.4%

NÚMERO	SEÇÃO (cm x cm)	COMPRIMENTO (cm)	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 259	15X30	70.0	7.7%
VIGA 260	15X30	256.1	3.1%
VIGA 261	15X30	47.1	30.9%
VIGA 262	15X30	47.7	23.3%
VIGA 263	15X30	259.1	9.4%
VIGA 265	15X30	70.0	16.1%
VIGA 266	15X30	258.3	12.1%
VIGA 267	15X30	70.0	11.6%
VIGA 268	15X30	256.1	4.6%
VIGA 269	15X30	70.0	12.6%
VIGA 270	15X30	257.2	11.8%
VIGA 271	15X30	256.1	8.3%
VIGA 272	15X30	283.0	11.9%
VIGA 274	15X30	275.1	16.3%
VIGA 276	15X30	269.3	17.2%
VIGA 277	15X40	58.7	4.0%
VIGA 279	15X30	352.3	23.1%
VIGA 281	15X30	354.5	20.5%
VIGA 282	15X40	60.0	5.9%
VIGA 284	15X30	282.9	11.6%
VIGA 286	15X30	276.0	16.8%
VIGA 288	15X30	269.3	17.8%
VIGA 289	15X40	58.7	2.7%
VIGA 291	15X30	352.0	23.6%
VIGA 293	15X30	354.1	23.2%
VIGA 294	15X40	60.0	4.6%
VIGA 297	15X30	285.3	11.5%
VIGA 299	15X30	274.4	17.9%
VIGA 301	15X30	269.3	19.1%
VIGA 302	15X40	58.7	2.4%
VIGA 304	15X30	351.9	24.2%
VIGA 306	15X30	353.9	24.3%
VIGA 307	15X40	60.0	2.9%
VIGA 309	15X30	287.6	10.4%
VIGA 311	15X30	272.9	19.6%
VIGA 313	15X30	269.3	21.0%
VIGA 314	15X40	58.6	1.7%
VIGA 316	15X30	79.5	56.0%
VIGA 318	15X30	65.4	19.9%
VIGA 319	15X30	245.0	14.1%
VIGA 320	15X30	65.4	20.3%
VIGA 321	15X30	245.0	11.2%
VIGA 322	15X30	65.4	20.5%
VIGA 323	15X30	245.0	7.1%
VIGA 324	15X30	65.4	19.2%
VIGA 325	15X30	245.0	1.9%
VIGA 326	15X30	65.4	22.6%
VIGA 327	15X30	245.0	5.4%
VIGA 328	15X30	65.4	21.6%
VIGA 329	15X30	245.0	10.3%
VIGA 330	15X30	65.4	27.0%

NÚMERO	SEÇÃO (cm x cm)	COMPRIMENTO (cm)	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 331	15X30	245.0	14.1%
VIGA 332	15X30	57.8	54.1%
VIGA 333	15X30	244.9	15.7%
VIGA 335	15X30	351.6	26.2%
VIGA 337	15X30	354.0	25.9%
VIGA 338	15X40	71.6	2.1%
VIGA 340	15X30	352.2	54.4%
VIGA 349	15X30	276.6	6.9%
VIGA 352	15X30	276.6	8.2%
VIGA 354	15X30	276.6	6.2%
VIGA 357	15X30	276.6	3.0%
VIGA 360	15X30	276.6	1.8%
VIGA 363	15X30	276.1	4.0%
VIGA 366	15X30	276.1	8.1%
VIGA 369	15X30	276.1	11.8%
VIGA 372	15X30	276.1	14.0%
VIGA 375	15X30	275.3	12.0%
VIGA 377	15X30	290.0	11.1%
VIGA 379	15X30	271.4	18.9%
VIGA 381	15X30	269.3	19.7%
VIGA 382	15X40	58.8	1.6%
VIGA 384	15X30	351.3	29.5%
VIGA 386	15X30	353.8	25.0%
VIGA 387	15X40	59.5	3.0%
VIGA 388	15X30	353.1	15.5%
VIGA 391	15X30	292.2	11.3%
VIGA 393	15X30	270.0	18.1%
VIGA 395	15X30	269.3	18.3%
VIGA 396	15X40	58.7	1.3%
VIGA 398	15X30	351.1	26.9%
VIGA 400	15X30	353.7	22.6%
VIGA 401	15X40	60.1	3.3%
VIGA 402	15X30	353.9	16.0%
VIGA 405	15X30	293.3	11.2%
VIGA 407	15X30	269.8	17.6%
VIGA 409	15X30	269.3	17.8%
VIGA 410	15X40	58.7	1.3%
VIGA 412	15X30	351.0	24.8%
VIGA 414	15X30	353.6	22.3%
VIGA 415	15X40	53.9	1.9%
VIGA 416	15X30	354.8	16.0%
VIGA 419	15X30	294.3	10.4%
VIGA 421	15X30	269.6	17.8%
VIGA 423	15X30	269.3	18.2%
VIGA 424	15X40	58.5	1.7%
VIGA 426	15X30	79.5	49.9%
VIGA 428	15X30	65.4	23.3%
VIGA 429	15X30	270.0	13.1%
VIGA 430	15X30	65.4	21.0%
VIGA 431	15X30	270.0	9.9%
VIGA 432	15X30	65.4	21.2%

NÚMERO	SEÇÃO (cm x cm)	COMPRIMENTO (cm)	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 433	15X30	270.0	6.2%
VIGA 434	15X30	65.4	19.9%
VIGA 435	15X30	270.0	2.3%
VIGA 436	15X30	65.4	23.5%
VIGA 437	15X30	270.0	5.8%
VIGA 438	15X30	65.4	22.1%
VIGA 439	15X30	270.0	10.0%
VIGA 440	15X30	65.4	29.1%
VIGA 441	15X30	270.0	13.8%
VIGA 442	15X30	55.3	54.4%
VIGA 443	15X30	270.0	15.6%
VIGA 445	15X30	350.9	24.3%
VIGA 447	15X30	353.6	22.6%
VIGA 448	15X40	60.0	4.4%
VIGA 450	15X30	355.6	16.4%
VIGA 453	15X30	295.3	9.8%
VIGA 455	15X30	269.4	19.0%
VIGA 457	15X30	269.3	19.8%
VIGA 458	15X40	58.9	2.3%
VIGA 466	15X30	56.0	23.0%
VIGA 470	15X30	55.7	11.0%
VIGA 473	15X30	350.6	25.4%
VIGA 476	15X30	47.8	49.2%
VIGA 478	15X30	353.2	23.8%
VIGA 479	15X40	60.8	7.6%
VIGA 481	15X30	356.5	15.8%
VIGA 484	15X30	296.1	11.2%
VIGA 486	15X30	269.4	18.3%
VIGA 488	15X30	269.3	19.4%
VIGA 489	15X40	58.7	2.7%
VIGA 491	15X30	266.3	22.8%
VIGA 493	15X30	189.7	12.1%
VIGA 494	15X30	75.0	8.4%
VIGA 495	15X30	337.4	24.5%
VIGA 496	15X30	75.0	6.1%
VIGA 498	15X30	350.3	27.7%
VIGA 500	15X30	353.9	25.0%
VIGA 501	15X40	60.0	24.5%
VIGA 502	15X30	357.0	16.6%
VIGA 505	15X30	296.9	11.4%
VIGA 507	15X30	269.4	17.9%
VIGA 509	15X30	269.3	19.4%
VIGA 510	15X40	58.7	2.9%
VIGA 512	15X30	348.7	68.8%
VIGA 513	15X30	265.5	26.5%
VIGA 515	15X30	354.1	17.8%
VIGA 516	15X40	59.2	25.5%
VIGA 517	15X30	189.7	13.8%
VIGA 518	15X30	75.0	22.4%
VIGA 519	15X30	337.6	26.2%
VIGA 520	15X30	75.0	8.1%

NÚMERO	SEÇÃO (cm x cm)	COMPRIMENTO (cm)	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 522	15X30	357.6	17.4%
VIGA 525	15X30	297.8	11.3%
VIGA 527	15X30	269.4	18.2%
VIGA 529	15X30	269.3	20.4%
VIGA 530	15X40	58.7	3.1%
VIGA 532	15X30	350.1	30.9%
VIGA 534	15X30	354.3	29.9%
VIGA 535	15X40	60.7	10.2%
VIGA 537	15X30	358.1	17.7%
VIGA 540	15X30	298.6	10.4%
VIGA 542	15X30	79.5	54.9%
VIGA 544	15X30	65.4	21.3%
VIGA 545	15X30	330.9	12.6%
VIGA 546	15X30	65.4	18.2%
VIGA 547	15X30	330.9	10.4%
VIGA 548	15X30	269.4	18.8%
VIGA 550	15X30	269.3	19.4%
VIGA 551	15X40	58.7	4.1%
VIGA 553	15X30	65.4	17.3%
VIGA 554	15X30	330.8	8.1%
VIGA 555	15X30	65.4	16.7%
VIGA 556	15X30	330.8	4.0%
VIGA 557	15X30	262.0	45.8%
VIGA 558	15X30	65.4	20.0%
VIGA 559	15X30	331.0	7.5%
VIGA 560	15X30	65.4	19.3%
VIGA 561	15X30	330.1	11.2%
VIGA 562	15X30	189.7	19.2%
VIGA 563	15X30	75.0	24.7%
VIGA 564	15X30	65.4	25.5%
VIGA 565	15X30	329.5	13.5%
VIGA 566	15X30	337.8	30.7%
VIGA 567	15X30	75.0	13.3%
VIGA 568	15X30	52.6	54.5%
VIGA 569	15X30	328.9	13.4%
VIGA 572	15X30	349.8	32.7%
VIGA 574	15X30	354.6	27.7%
VIGA 575	15X40	58.7	10.3%
VIGA 576	15X30	358.7	19.3%
VIGA 578	15X30	299.5	12.1%
VIGA 581	15X30	269.4	18.2%
VIGA 583	15X30	269.3	18.2%
VIGA 584	15X40	58.7	5.5%
VIGA 586	15X30	263.80	24.4%
VIGA 588	15X30	189.70	13.5%
VIGA 589	15X30	75.00	15.4%
VIGA 590	15X30	338.0	27.4%
VIGA 591	15X30	75.0	15.7%
VIGA 593	15X30	349.6	29.3%
VIGA 595	15X30	354.7	24.8%
VIGA 596	15X40	55.0	15.1%

NÚMERO	SEÇÃO (cm x cm)	COMPRIMENTO (cm)	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 598	15X30	359.2	19.3%
VIGA 600	15X30	300.3	12.5%
VIGA 603	15X30	269.4	17.7%
VIGA 605	15X30	269.3	17.2%
VIGA 606	15X40	58.7	6.5%
VIGA 608	15X30	263.1	21.2%
VIGA 610	15X30	189.7	10.5%
VIGA 611	15X30	75.0	15.5%
VIGA 612	15X30	338.2	25.6%
VIGA 613	15X30	75.0	17.8%
VIGA 615	15X30	349.4	26.8%
VIGA 617	15X30	355.0	23.7%
VIGA 618	15X40	60.0	17.5%
VIGA 620	15X30	359.7	17.8%
VIGA 622	15X30	301.1	12.0%
VIGA 624	15X30	269.1	18.1%
VIGA 626	15X30	269.6	16.4%
VIGA 627	15X40	58.7	6.7%
VIGA 630	15X30	348.9	24.2%
VIGA 632	15X30	355.3	23.3%
VIGA 633	15X40	60.0	20.1%
VIGA 635	15X30	262.4	16.7%
VIGA 637	15X30	189.6	6.1%
VIGA 638	15X30	60.0	13.7%
VIGA 639	15X30	338.4	23.1%
VIGA 640	15X30	60.0	18.4%
VIGA 642	15X30	301.9	11.6%
VIGA 644	15X30	360.2	15.6%
VIGA 646	15X30	268.8	18.5%
VIGA 648	15X30	269.9	15.9%
VIGA 649	15X40	60.0	6.7%
VIGA 652	15X30	348.5	19.4%
VIGA 654	15X30	355.6	19.7%
VIGA 655	15X40	42.5	20.6%
VIGA 657	15X30	261.8	12.0%
VIGA 659	15X30	189.6	5.6%
VIGA 660	15X30	40.0	19.1%
VIGA 661	15X30	338.5	20.2%
VIGA 662	15X30	39.9	35.1%
VIGA 664	15X30	301.9	9.2%
VIGA 666	15X30	360.6	11.4%
VIGA 668	15X30	0 268.9	17.3%
VIGA 670	15X30	270.2	14.3%
VIGA 671	15X40	41.4	6.8%



**ANEXO 3 – Planta baixa de localização das vigas em recuperação estrutural  
utilizando aço**

**ANEXO 4 - Comprovação da resistência das vigas em recuperação estrutural utilizando aço**

NÚMERO	TIPO DE PERFIL	COMPRIMENTO	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 109	PERFIL “U” 101.6	60,0cm	74.7%
VIGA 115	PERFIL “U” 101.6	305,0	12.5%
VIGA 117	PERFIL “U” 101.6	305.0cm	21.4%
VIGA 119	PERFIL “U” 101.6	305.0cm	29.9%
VIGA 121	PERFIL “U” 101.6	305.0cm	35.8%
VIGA 123	PERFIL “U” 101.6	304.3cm	39.2%
VIGA 125	PERFIL “U” 101.6	305.0cm	38.6%
VIGA 127	PERFIL “U” 101.6	305.7cm	36.4%
VIGA 129	PERFIL “U” 101.6	306.4cm	32.4%
VIGA 131	PERFIL “U” 101.6	306.0cm	26.1%
VIGA 133	PERFIL “U” 101.6	305.6cm	17.3%
VIGA 135	PERFIL “U” 101.6	305.3cm	11.4%
VIGA 144	PERFIL “U” 101.6	43.5cm	43.7%
VIGA 147	PERFIL “U” 101.6	203.3cm	5.8%
VIGA 149	PERFIL “U” 101.6	199.1cm	6.8%
VIGA 151	PERFIL “U” 101.6	202.1cm	14.4%
VIGA 153	PERFIL “U” 101.6	199.9cm	16.1%
VIGA 155	PERFIL “U” 101.6	201.0cm	22.8%
VIGA 157	PERFIL “U” 101.6	199.2cm	24.2%
VIGA 159	PERFIL “U” 101.6	199.8cm	28.1%
VIGA 160	PERFIL “U” 101.6	199.2cm	28.6%
VIGA 161	PERFIL “U” 101.6	284.6cm	8.0%
VIGA 163	PERFIL “U” 101.6	270.2cm	9.6%
VIGA 165	PERFIL “U” 101.6	69.3cm	9.0%
VIGA 166	PERFIL “U” 101.6	58.0cm	15.9%
VIGA 168	PERFIL “U” 101.6	352.8cm	15.9%
VIGA 170	PERFIL “U” 101.6	353.8cm	16.2%
VIGA 171	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	18.9%
VIGA 173	PERFIL “U” 101.6	283.9cm	8.3%
VIGA 175	PERFIL “U” 101.6	271.3cm	16.7%
VIGA 177	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	15.8%
VIGA 178	PERFIL “U” 101.6	58.0cm	9.5%
VIGA 180	PERFIL “U” 101.6	352.3cm	24.2%
VIGA 182	PERFIL “U” 101.6	354.3cm	24.6%
VIGA 183	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	34.2%
VIGA 185	PERFIL “U” 101.6	283.2cm	8.8%
VIGA 187	PERFIL “U” 101.6	272.4cm	23.5%
VIGA 189	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	22.5%
VIGA 190	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	9.8%
VIGA 192	PERFIL “U” 101.6	352.7cm	30.1%

NÚMERO	TIPO DE PERFIL	COMPRIMENTO	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 194	PERFIL “U” 101.6	354.9cm	30.3%
VIGA 195	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	34.6%
VIGA 197	PERFIL “U” 152,4	79.5cm	48.1%
VIGA 199	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	13.0%
VIGA 200	PERFIL “U” 101.6	325.0cm	8.1%
VIGA 201	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	17.2%
VIGA 202	PERFIL “U” 101.6	325.0cm	9.8%
VIGA 203	PERFIL “U” 101.6	446.0cm	21.9%
VIGA 204	PERFIL “U” 101.6	325.0cm	11.7%
VIGA 205	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	22.0%
VIGA 206	PERFIL “U” 101.6	325.0cm	12.7%
VIGA 207	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	21.5%
VIGA 208	PERFIL “U” 101.6	325.0cm	12.7%
VIGA 209	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	15.6%
VIGA 210	PERFIL “U” 101.6	325.0cm	11.5%
VIGA 211	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	17.4%
VIGA 212	PERFIL “U” 101.6	325.0cm	9.6%
VIGA 213	PERFIL “U” 152,4	61.1cm	45.6%
VIGA 214	PERFIL “U” 101.6	325.1cm	9.0%
VIGA 216	PERFIL “U” 101.6	283.2cm	9.1%
VIGA 218	PERFIL “U” 101.6	272.8cm	28.3%
VIGA 220	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	27.3%
VIGA 221	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	9.3%
VIGA 223	PERFIL “U” 101.6	352.6cm	30.3%
VIGA 225	PERFIL “U” 101.6	355.4cm	30.3%
VIGA 226	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	34.2%
VIGA 228	PERFIL “U” 101.6	283.2cm	9.4%
VIGA 230	PERFIL “U” 101.6	273.2cm	30.9%
VIGA 232	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	30.0%
VIGA 233	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	6.7%
VIGA 235	PERFIL “U” 101.6	352.4cm	24.2%
VIGA 237	PERFIL “U” 101.6	355.0cm	24.5%
VIGA 238	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	18.9%
VIGA 240	PERFIL “U” 101.6	70.0cm	8.3%
VIGA 241	PERFIL “U” 101.6	70.0cm	6.2%
VIGA 242	PERFIL “U” 101.6	256.1cm	34.8%
VIGA 243	PERFIL “U” 101.6	57.5cm	48.0%
VIGA 245	PERFIL “U” 101.6	70.0cm	13.5%
VIGA 246	PERFIL “U” 101.6	252.6cm	8.1%
VIGA 247	PERFIL “U” 101.6	70.0cm	10.0%
VIGA 248	PERFIL “U” 101.6	253.3cm	17.8%
VIGA 249	PERFIL “U” 101.6	70.0cm	10.1%
VIGA 250	PERFIL “U” 101.6	254.0cm	26.6%
VIGA 251	PERFIL “U” 101.6	254.7cm	32.0%
VIGA 252	PERFIL “U” 101.6	70.0cm	7.1%
VIGA 253	PERFIL “U” 101.6	256.1cm	35.1%
VIGA 254	PERFIL “U” 101.6	47.1cm	52.6%
VIGA 255	PERFIL “U” 101.6	47.7cm	18.9%
VIGA 256	PERFIL “U” 101.6	259.1cm	7.9%
VIGA 258	PERFIL “U” 101.6	70.0cm	9.9%
VIGA 259	PERFIL “U” 101.6	258.3cm	14.1%

NÚMERO	TIPO DE PERFIL	COMPRIMENTO	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 260	PERFIL “U” 101.6	70.0cm	9.7%
VIGA 261	PERFIL “U” 101.6	256.1cm	33.6%
VIGA 262	PERFIL “U” 101.6	70.0cm	10.5%
VIGA 263	PERFIL “U” 101.6	257.2cm	23.4%
VIGA 264	PERFIL “U” 101.6	256.1cm	30.1%
VIGA 265	PERFIL “U” 101.6	283.0cm	9.4%
VIGA 267	PERFIL “U” 101.6	275.1cm	32.1%
VIGA 269	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	31.2%
VIGA 270	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	4.0%
VIGA 272	PERFIL “U” 101.6	352.3cm	15.7%
VIGA 274	PERFIL “U” 101.6	354.5cm	16.2%
VIGA 275	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	75.8%
VIGA 277	PERFIL “U” 101.6	282.9cm	9.1%
VIGA 279	PERFIL “U” 101.6	276.0cm	32.6%
VIGA 281	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	31.8%
VIGA 282	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	1.7%
VIGA 284	PERFIL “U” 101.6	352.0cm	13.4%
VIGA 286	PERFIL “U” 101.6	354.1cm	12.9%
VIGA 287	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	86.5%
VIGA 290	PERFIL “U” 101.6	285.3cm	8.6%
VIGA 292	PERFIL “U” 101.6	274.4cm	33.4%
VIGA 294	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	32.7%
VIGA 295	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	1.3%
VIGA 297	PERFIL “U” 101.6	351.9cm	16.9%
VIGA 299	PERFIL “U” 101.6	353.9cm	16.8%
VIGA 300	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	27.6%
VIGA 302	PERFIL “U” 101.6	287.6cm	8.3%
VIGA 304	PERFIL “U” 101.6	272.9cm	34.1%
VIGA 306	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	33.5%
VIGA 307	PERFIL “U” 101.6	58.6cm	1.3%
VIGA 309	PERFIL “U” 152,4	79.5cm	78.7%
VIGA 311	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	25.1%
VIGA 312	PERFIL “U” 101.6	245.0cm	8.1%
VIGA 313	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	30.3%
VIGA 314	PERFIL “U” 101.6	245.0cm	7.3%
VIGA 315	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	40.2%
VIGA 316	PERFIL “U” 101.6	245.0cm	7.1%
VIGA 317	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	40.2%
VIGA 318	PERFIL “U” 101.6	245.0cm	7.3%
VIGA 319	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	38.7%
VIGA 320	PERFIL “U” 101.6	245.0cm	6.9%
VIGA 321	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	25.7%
VIGA 322	PERFIL “U” 101.6	245.0cm	6.9%
VIGA 323	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	36.2%
VIGA 324	PERFIL “U” 101.6	245.0cm	
VIGA 325	PERFIL “U” 152,4	57.8cm	77.7%
VIGA 326	PERFIL “U” 101.6	244.9cm	9.0%
VIGA 328	PERFIL “U” 101.6	351.6cm	27.8%
VIGA 330	PERFIL “U” 101.6	354.0cm	26.8%
VIGA 331	PERFIL “U” 101.6	71.6cm	27.6%
VIGA 333	PERFIL “U” 101.6	352.2cm	13.3%

NÚMERO	TIPO DE PERFIL	COMPRIMENTO	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 339	PERFIL “U” 101.6	277.5cm	7.7%
VIGA 342	PERFIL “U” 101.6	276.6cm	8.5%
VIGA 345	PERFIL “U” 101.6	276.6cm	9.4%
VIGA 347	PERFIL “U” 101.6	276.6cm	10.1%
VIGA 350	PERFIL “U” 101.6	276.6cm	10.5%
VIGA 353	PERFIL “U” 101.6	276.6cm	10.6%
VIGA 356	PERFIL “U” 101.6	276.1cm	10.3%
VIGA 359	PERFIL “U” 101.6	276.1cm	9.9%
VIGA 362	PERFIL “U” 101.6	276.1cm	9.3%
VIGA 365	PERFIL “U” 101.6	276.1cm	8.7%
VIGA 368	PERFIL “U” 101.6	275.3cm	7.7%
VIGA 370	PERFIL “U” 101.6	290.0cm	8.6%
VIGA 372	PERFIL “U” 101.6	271.4cm	32.7%
VIGA 374	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	31.9%
VIGA 375	PERFIL “U” 101.6	58.8cm	1.3%
VIGA 377	PERFIL “U” 101.6	351.3cm	39.6%
VIGA 379	PERFIL “U” 101.6	353.8cm	37.0%
VIGA 380	PERFIL “U” 101.6	59.5cm	34.1%
VIGA 381	PERFIL “U” 101.6	353.1cm	13.6%
VIGA 384	PERFIL “U” 101.6	292.2cm	9.1%
VIGA 386	PERFIL “U” 101.6	270.0cm	31.6%
VIGA 388	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	30.8%
VIGA 389	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	1.0%
VIGA 391	PERFIL “U” 101.6	351.1cm	43.3%
VIGA 393	PERFIL “U” 101.6	353.7cm	40.7%
VIGA 394	PERFIL “U” 101.6	60.1cm	34.7%
VIGA 395	PERFIL “U” 101.6	353.9cm	14.4%
VIGA 398	PERFIL “U” 101.6	293.3cm	9.1%
VIGA 400	PERFIL “U” 101.6	269.8cm	31.2%
VIGA 402	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	30.5%
VIGA 403	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	0.9%
VIGA 405	PERFIL “U” 101.6	351.0cm	41.7%
VIGA 407	PERFIL “U” 101.6	353.6cm	39.0%
VIGA 408	PERFIL “U” 101.6	53.9cm	34.4%
VIGA 409	PERFIL “U” 101.6	354.8cm	14.5%
VIGA 412	PERFIL “U” 101.6	294.3cm	8.8%
VIGA 414	PERFIL “U” 101.6	269.6cm	31.7%
VIGA 416	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	31.1%
VIGA 417	PERFIL “U” 101.6	58.5cm	1.1%
VIGA 419	PERFIL “U” 152,4	79.5cm	71.7%
VIGA 421	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	23.3%
VIGA 422	PERFIL “U” 101.6	270.0cm	6.9%
VIGA 423	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	28.3%
VIGA 424	PERFIL “U” 101.6	270.0cm	6.4%
VIGA 425	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	37.4%
VIGA 426	PERFIL “U” 101.6	270.0cm	7.0%
VIGA 427	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	37.5%
VIGA 428	PERFIL “U” 101.6	270.0cm	7.4%
VIGA 429	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	35.7%
VIGA 430	PERFIL “U” 101.6	270.0cm	7.6%
VIGA 431	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	23.0%

NÚMERO	TIPO DE PERFIL	COMPRIMENTO	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 432	PERFIL “U” 101.6	270.0cm	6.8%
VIGA 433	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	34.9%
VIGA 434	PERFIL “U” 101.6	270.0cm	6.1%
VIGA 435	PERFIL “U” 152,4	55.3cm	70.6%
VIGA 436	PERFIL “U” 101.6	270.0cm	8.1%
VIGA 438	PERFIL “U” 101.6	350.9cm	35.7%
VIGA 440	PERFIL “U” 101.6	353.6cm	32.9%
VIGA 441	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	28.2%
VIGA 442	PERFIL “U” 101.6	2.2cm	87.3%
VIGA 443	PERFIL “U” 101.6	355.6cm	17.6%
VIGA 446	PERFIL “U” 101.6	295.3cm	8.7%
VIGA 448	PERFIL “U” 101.6	269.4cm	32.6%
VIGA 450	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	32.2%
VIGA 451	PERFIL “U” 101.6	58.9cm	1.1%
VIGA 459	PERFIL “U” 101.6	56.0cm	62.5%
VIGA 463	PERFIL “U” 101.6	55.7cm	75.4%
VIGA 466	PERFIL “U” 101.6	350.6cm	25.0%
VIGA 471	PERFIL “U” 101.6	353.2cm	20.0%
VIGA 472	PERFIL “U” 101.6	60.8cm	27.6%
VIGA 473	PERFIL “U” 101.6	2.2cm	45.1%
VIGA 474	PERFIL “U” 101.6	356.5cm	15.1%
VIGA 477	PERFIL “U” 101.6	296.1cm	8.9%
VIGA 479	PERFIL “U” 101.6	269.4cm	32.4%
VIGA 481	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	31.9%
VIGA 482	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	0.9%
VIGA 484	PERFIL “U” 101.6	266.3cm	14.6%
VIGA 486	PERFIL “U” 101.6	189.7cm	3.9%
VIGA 487	PERFIL “U” 101.6	75.0cm	23.5%
VIGA 488	PERFIL “U” 101.6	337.4cm	17.8%
VIGA 489	PERFIL “U” 101.6	75.0cm	28.0%
VIGA 491	PERFIL “U” 101.6	350.3cm	15.0%
VIGA 493	PERFIL “U” 101.6	353.9cm	16.5%
VIGA 494	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	89.5%
VIGA 495	PERFIL “U” 101.6	357.0cm	14.6%
VIGA 498	PERFIL “U” 101.6	296.9cm	8.9%
VIGA 500	PERFIL “U” 101.6	269.4cm	32.5%
VIGA 502	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	32.1%
VIGA 503	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	0.7%
VIGA 505	PERFIL “U” 101.6	350.2cm	13.4%
VIGA 507	PERFIL “U” 101.6	265.5cm	26.7%
VIGA 509	PERFIL “U” 101.6	354.1cm	12.3%
VIGA 510	PERFIL “U” 101.6	59.2cm	72.7%
VIGA 511	PERFIL “U” 101.6	189.7cm	11.0%
VIGA 512	PERFIL “U” 101.6	75.0cm	27.5%
VIGA 513	PERFIL “U” 101.6	337.6cm	30.2%
VIGA 514	PERFIL “U” 101.6	75.0cm	32.6%
VIGA 516	PERFIL “U” 101.6	357.6cm	13.8%
VIGA 519	PERFIL “U” 101.6	297.8cm	8.7%
VIGA 521	PERFIL “U” 101.6	269.4cm	33.1%
VIGA 523	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	32.8%
VIGA 524	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	2.7%

NÚMERO	TIPO DE PERFIL	COMPRIMENTO	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 526	PERFIL “U” 101.6	350.1cm	15.5%
VIGA 528	PERFIL “U” 101.6	354.3cm	16.9%
VIGA 529	PERFIL “U” 101.6	60.7cm	20.1%
VIGA 531	PERFIL “U” 101.6	358.1cm	3.7%
VIGA 534	PERFIL “U” 101.6	298.6cm	8.8%
VIGA 536	PERFIL “U” 152,4	79.5cm	62.3%
VIGA 538	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	17.9%
VIGA 539	PERFIL “U” 101.6	330.9cm	13.1%
VIGA 540	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	23.7%
VIGA 541	PERFIL “U” 101.6	330.9cm	18.2%
VIGA 542	PERFIL “U” 101.6	269.4cm	33.3%
VIGA 544	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	32.0%
VIGA 545	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	5.6%
VIGA 547	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	30.4%
VIGA 548	PERFIL “U” 101.6	330.8cm	22.9%
VIGA 549	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	30.5%
VIGA 550	PERFIL “U” 101.6	330.8cm	25.2%
VIGA 551	PERFIL “U” 101.6	264.7cm	36.5%
VIGA 552	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	28.9%
VIGA 553	PERFIL “U” 101.6	331.0cm	24.8%
VIGA 554	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	19.0%
VIGA 555	PERFIL “U” 101.6	330.1cm	21.6%
VIGA 556	PERFIL “U” 101.6	189.7cm	17.0%
VIGA 557	PERFIL “U” 101.6	75.0cm	30.7%
VIGA 558	PERFIL “U” 152,4	65.4cm	30.0%
VIGA 559	PERFIL “U” 101.6	329.5cm	16.4%
VIGA 560	PERFIL “U” 101.6	337.8cm	40.2%
VIGA 561	PERFIL “U” 101.6	75.0cm	36.6%
VIGA 562	PERFIL “U” 152,4	52.6cm	62.3%
VIGA 563	PERFIL “U” 101.6	328.9cm	11.7%
VIGA 566	PERFIL “U” 101.6	349.8cm	24.0%
VIGA 568	PERFIL “U” 101.6	354.6cm	24.6%
VIGA 569	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	34.7%
VIGA 570	PERFIL “U” 101.6	358.7cm	13.3%
VIGA 572	PERFIL “U” 101.6	299.5cm	8.7%
VIGA 575	PERFIL “U” 101.6	269.4cm	31.8%
VIGA 577	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	30.3%
VIGA 578	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	8.4%
VIGA 580	PERFIL “U” 101.6	263.8cm	38.4%
VIGA 582	PERFIL “U” 101.6	189.7cm	17.9%
VIGA 583	PERFIL “U” 101.6	75.0cm	30.6%
VIGA 584	PERFIL “U” 101.6	338.0cm	41.4%
VIGA 585	PERFIL “U” 101.6	75.0cm	36.6%
VIGA 587	PERFIL “U” 101.6	349.6cm	28.0%
VIGA 589	PERFIL “U” 101.6	354.7cm	28.6%
VIGA 590	PERFIL “U” 101.6	55.0cm	34.9%
VIGA 591	PERFIL “U” 101.6	4.6cm	35.7%
VIGA 592	PERFIL “U” 101.6	359.2cm	17.6%
VIGA 594	PERFIL “U” 101.6	300.3cm	8.8%
VIGA 597	PERFIL “U” 101.6	269.4cm	29.1%
VIGA 599	PERFIL “U” 101.6	269.3cm	27.4%



NÚMERO	TIPO DE PERFIL	COMPRIMENTO	TAXA DE UTILIZAÇÃO
VIGA 600	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	9.2%
VIGA 602	PERFIL “U” 101.6	263.1cm	31.5%
VIGA 604	PERFIL “U” 101.6	189.7cm	13.7%
VIGA 605	PERFIL “U” 101.6	75.0cm	21.5%
VIGA 606	PERFIL “U” 101.6	338.2cm	34.6%
VIGA 607	PERFIL “U” 101.6	75.0cm	26.0%
VIGA 609	PERFIL “U” 101.6	349.4cm	26.2%
VIGA 611	PERFIL “U” 101.6	355.0cm	23.8%
VIGA 612	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	33.5%
VIGA 614	PERFIL “U” 101.6	359.7cm	17.3%
VIGA 616	PERFIL “U” 101.6	301.1cm	8.7%
VIGA 618	PERFIL “U” 101.6	269.1cm	24.5%
VIGA 620	PERFIL “U” 101.6	269.6cm	22.6%
VIGA 621	PERFIL “U” 101.6	58.7cm	8.9%
VIGA 624	PERFIL “U” 101.6	348.9cm	20.3%
VIGA 626	PERFIL “U” 101.6	355.3cm	17.6%
VIGA 627	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	27.6%
VIGA 629	PERFIL “U” 101.6	262.4cm	18.9%
VIGA 631	PERFIL “U” 101.6	189.6cm	6.3%
VIGA 632	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	37.0%
VIGA 633	PERFIL “U” 101.6	338.4cm	22.9%
VIGA 634	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	44.3%
VIGA 636	PERFIL “U” 101.6	301.9cm	8.6%
VIGA 638	PERFIL “U” 101.6	360.2cm	17.0%
VIGA 640	PERFIL “U” 101.6	268.8cm	17.2%
VIGA 642	PERFIL “U” 101.6	269.9cm	15.8%
VIGA 643	PERFIL “U” 101.6	60.0cm	15.7%
VIGA 646	PERFIL “U” 101.6	348.5cm	12.8%
VIGA 648	PERFIL “U” 101.6	355.6cm	10.3%
VIGA 649	PERFIL “U” 101.6	42.5cm	74.9%
VIGA 650	PERFIL “U” 101.6	14.3cm	13.9%
VIGA 651	PERFIL “U” 101.6	261.8cm	9.7%
VIGA 653	PERFIL “U” 101.6	189.6cm	5.3%
VIGA 654	PERFIL “U” 101.6	40.0cm	70.0%
VIGA 655	PERFIL “U” 101.6	338.5cm	14.6%
VIGA 656	PERFIL “U” 101.6	39.9cm	83.6%
VIGA 658	PERFIL “U” 101.6	301.9cm	8.5%
VIGA 660	PERFIL “U” 101.6	360.6cm	12.1%
VIGA 662	PERFIL “U” 101.6	268.9cm	9.7%
VIGA 664	PERFIL “U” 101.6	270.2cm	9.0%
VIGA 665	PERFIL “U” 101.6	41.4cm	41.4%